

JULIANA DA SILVA TISCOSKI

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL PORTUÁRIA, POR
MEIO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: UM ESTUDO
DE CASO DOS COMPLEXOS PORTUÁRIOS PÚBLICOS
MOVIMENTADORES DE GRANÉIS SÓLIDOS AGRÍCOLAS**

Dissertação apresenta ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Infraestrutura e Gerência Viária.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Aurélio Marques Noronha

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Tiscoski, Juliana da Silva

Análise da Eficiência Operacional Portuária, por meio da Análise
Envoltória de Dados: Um estudo de caso dos complexos portuários públicos
movimentadores de grãos sólidos agrícolas / Juliana da Silva Tiscoski ;
orientador, Marcos Aurélio Marques Noronha - Florianópolis, SC, 2016. 107 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Análise de Eficiência. 3. Eficiência Operacional. 4.
Eficiência Portuária. I. Noronha, Marcos Aurélio Marques. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
III. Título.

JULIANA DA SILVA TISCOSKI

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL PORTUÁRIA, POR
MEIO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: UM ESTUDO
DE CASO DOS COMPLEXOS PORTUÁRIOS PÚBLICOS
MOVIMENTADORES DE GRANÉIS SÓLIDOS AGRÍCOLAS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Civil - Área de concentração: Infraestrutura e Gerência Viária”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 06 de maio de 2016.

Prof. Glicério Trichês, Dr.

Coordenador do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil
(PPGEC)

Prof. Marcos Aurélio Marques Noronha, Dr. (Orientador)
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Ivan Ricardo Gartner, Dr.
Universidade de Brasília - UnB

Prof.^a Liseane Padilha Thives , Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof. Amir Mattar Valente, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Este trabalho é dedicado a minha
família, que sempre me incentivou a
seguir em busca dos objetivos.
Minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, à Deus pelo dom da vida, pela família que Ele me deu, pelos amigos, pelas conquistas, e simplesmente, por nunca ter desistido de mim.

Agradeço aos meus pais, Giovanni e Teresinha Tiscoski, pelo amor, incentivo, dedicação, esforço, e por sempre estarem ao meu lado. Sem vocês a batalha seria muito mais árdua. Vocês são minha base e meu espelho. Obrigada por existirem!

Agradeço em igual a minha irmã Natalia Tiscoski, pelo apoio diário, pelo amor e carinho e pela paciência. À minha irmã da vida, Luciana Lunkes, que mesmo estando distante sempre se fez presente em todos os momentos, seu apoio foi fundamental, muito obrigada, irmãs!

Ao meu orientador, Marcos Aurélio Marques Noronha, pelo ensino, pela dedicação, pela paciência e pela sabedoria transmitida. Obrigada por abraçar esse desafio comigo.

A todos os professores, que contribuíram durante minha formação, pelo ensinamento transmitido, saibam que vocês também fazem parte desta vitória. Obrigada!

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, nas horas de alegria e de dificuldade, a força de vocês me impulsiona sempre. Em especial, aos amigos e colegas do LabTrans, que diariamente me apoiam, ensinam e me alegram. Obrigada pelo apoio!

Agradeço, por fim, a todos aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente, ajudaram para que esta conquista fosse possível. Muito obrigada!

Daqui a alguns anos você estará mais arrependido pelas coisas que não fez do que pelas que fez. Então solte as amarras. Afaste-se do porto seguro. Agarre o vento em suas velas. Explore. Sonhe. Descubra.

(Mark Twain)

RESUMO

O setor de transporte é peça fundamental para a economia de um país, seja nas suas trocas internas, seja nas comercializações externas. O Brasil, devido a sua extensão territorial, aliada à vasta malha hidrográfica e costa marítima, é considerado um privilegiado, quando se trata da logística de transporte aquaviário. A utilização adequada desse modo de transporte traz significativos benefícios ao país. Por isso, a avaliação da eficiência operacional dos portos públicos brasileiros pode ser uma ferramenta para aprimorar e monitorar as atividades desse setor. Para tanto, este trabalho busca apresentar, dentre as técnicas de análise da fronteira de eficiência operacional existentes, as funções de produção, a função custo e a Análise Envoltória de Dados (DEA), como sendo as mais utilizadas em estudos dessa natureza. Por meio de revisão teórica são descritos os três métodos, e então identificada a melhor opção para aplicação no estudo de caso proposto. Por se tratar de portos operacionalmente semelhantes, que movimentam as mesmas cargas, a opção selecionada para aplicação foi o método DEA. As variáveis de entrada e saída foram selecionadas a partir dos dados coletados nos portos e terminais em estudo. Inicialmente foram selecionados sete portos públicos como unidades tomadoras de decisão (DMU); no entanto, alguns desses foram segregados em terminais portuários, para aproximar os resultados à realidade operacional do porto. Sendo assim, o método foi aplicado a 14 DMUs, com duas variáveis de input e outras duas de output. Observou-se, a partir dos primeiros resultados do DEA, que três unidades tomadoras de decisão foram caracterizadas como eficientes: o Porto de Porto Velho, o Porto de Santos – Terminal Exportador do Guarujá e o Porto de São Francisco do Sul. Quando analisada a eficiência invertida, o Porto de Porto Velho foi o que se apresentou mais eficiente. Os resultados obtidos, por meio da análise DEA, condizem com a realidade operacional apresentada pelas DMUs, evidenciando que um dos fatores de maior impacto na eficiência operacional de um porto é a produtividade. Essa constatação torna válida a aplicação do método DEA para análises de eficiência operacional em terminais portuários.

Palavras-chave: Eficiência operacional. Setor Portuário. Operação Portuária. Análise Envoltória de Dados. .

ABSTRACT

The transport sector is essential for the economy of a country, either in their internal trade and the external trades. Due to its territorial extension, allied to the vast waterways and maritime coast, Brazil is considered a privileged country, when it comes to the water transportation logistics. The proper use of this mode of transport brings significant benefits to the country. Therefore, the evaluation of the operational efficiency of Brazilian public ports can be a tool to improve and monitor the activities of this sector. Hence, this study aims at presenting, among analytical techniques the border of existing operational efficiency, the production functions, the cost function and data envelopment analysis (DEA), as the most used in studies of this nature. Through a theoretical review, the three methods are described in order to identify the best option for application in the case study proposed. As the selected ports are operationally similar, in which the same loads are handled, the selected option was the DEA method. The input and output variables were selected from the data collected. Initially seven public ports were selected as decision making unit (DMU), although some of these were segregated in port terminals, to bring the results closer to the operational reality of the port. Thus, the method was applied to 14 DMU, with two input and two output variables. It was observed, from the first results of the DEA, that three DMU were characterized as efficient: Port of Porto Velho, Port of Santos – Export Terminal of Guarujá, and Port of São Francisco do Sul. When analyzed the inverted efficiency, the Port of Port Velho was the one considered more efficient. The results obtained by DEA analysis are consistent with the operational reality presented by the DMU, evidencing that one of the most impacting factors on operational efficiency of a port is the productivity. This finding validates the application of the DEA method for operational efficiency analysis in port terminals.

Keywords: Operational efficiency. Port Sector. Port operation. Data envelopment analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FUNÇÃO FRONTEIRA DE CUSTO	43
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DE UM PROCESSO GENÉRICO DE PRODUÇÃO	44
FIGURA 3 – SELEÇÃO DE INPUTS E OUTPUTS PARA UTILIZAÇÃO NA ANÁLISE.....	57
FIGURA 4 – INFRAESTRUTURA DE ACOSTAGEM DO PORTO DE SANTOS.....	60
FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DOS BERÇOS E PÍERES DO PORTO DE PARANAGUÁ	62
FIGURA 6 – CARACTERÍSTICAS DO CAÍIS ACOSTÁVEL DO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL.....	67
FIGURA 7 – ACOSTAGEM DO PORTO DO ITAQUI.....	74
FIGURA 8 – ACOSTAGEM DO PORTO DE PORTO VELHO	78
FIGURA 9 – INFRAESTRUTURA DE ACOSTAGEM DO PORTO DE SANTARÉM.....	80

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MOVIMENTAÇÃO DOS PORTOS PÚBLICOS DE SOJA, MILHO E FARELO DE SOJA, NO ANO DE 2014 (T)	53
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DE MOVIMENTAÇÃO DO PORTO DE SANTOS (ANO BASE DE 2013)	61
TABELA 3 – ARMAZÉNS DO PORTO DE PARANAGUÁ	63
TABELA 4 – SILOS DE ARMAZENAGEM DO PORTO DE PARANAGUÁ.....	64
TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DE MOVIMENTAÇÃO DO PORTO DE PARANAGUÁ (ANO BASE DE 2012)	66
TABELA 6 – CARACTERÍSTICAS DE ACOSTAGEM DO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL	68
TABELA 7 – CARACTERÍSTICAS DE ARMAZENAGEM DO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL.....	68
TABELA 8 – CARACTERÍSTICAS DE MOVIMENTAÇÃO DO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL (ANO BASE DE 2011)	69
TABELA 9 – CARACTERÍSTICAS DE ACOSTAGEM DO SUPERPORTO DO PORTO DO RIO GRANDE	70
TABELA 10 – CARACTERÍSTICAS DE ARMAZENAGEM DO PORTO NOVO	71
TABELA 11 – CARACTERÍSTICAS DE ARMAZENAGEM DO SUPERPORTO DO PORTO DE RIO GRANDE	72
TABELA 12 – CARACTERÍSTICAS DE MOVIMENTAÇÃO DO PORTO DO RIO GRANDE (ANO BASE DE 2012)	73
TABELA 13 – CARACTERÍSTICAS DE ACOSTAGEM DO PORTO DO ITAQUI	74
TABELA 14 – CARACTERÍSTICAS DE ARMAZENAGEM DO PORTO DO ITAQUI	75
TABELA 15 – CARACTERÍSTICAS DE MOVIMENTAÇÃO DO PORTO DO ITAQUI (ANO BASE DE 2012)	77
TABELA 16 – CARACTERÍSTICAS DE MOVIMENTAÇÃO DO PORTO DE PORTO VELHO (ANO BASE DE 2012)	79

TABELA 17 – CARACTERÍSTICAS DE MOVIMENTAÇÃO DO PORTO DE SANTARÉM (ANO BASE DE 2012)	82
TABELA 18 – TABULAÇÃO DOS PRINCIPAIS DADOS COLETADOS PARA AS DMUS EM ESTUDO	82
TABELA 19 – TABULAÇÃO DOS DADOS DA NOVA SEGMENTAÇÃO DAS DMUS	84
TABELA 20 – DADOS DE ENTRADA.....	86
TABELA 21 – RESULTADO DO CÁLCULO DAS EFICIÊNCIAS PARA CADA DMU.	87
TABELA 22 – EFICIÊNCIA DAS DMUS PARA OS ÍNDICES COMPOSTO E COMPOSTO NORMALIZADO	88
TABELA 23 – PESO ATRIBUÍDO PARA CADA DMU	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALL	América Latina Logística S.A.
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
BCC	Banker, Charnes e Cooper
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CIDASC	Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina
Conab	Companhia Nacional de Abastecimento
Corex	Corredor de Exportação
CSCMP	Council of Supply Chain Management Professional
DEA	Data Envelopment Analysis
DMU	Decision Making Units
DNPVN	Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis
EFC	Estrada de Ferro Carajás
EMAP	Empresa Maranhense de Administração Portuária
FNS	Ferrovias Norte-Sul
GEIPOT	Grupo Executivo para Integração das Políticas de Transportes
LabTrans	Laboratório de Transportes e Logística
MP	Medida Provisória
Petrobras	Petróleo Brasileiro S.A.
PNLP	Plano Nacional de Logística Portuária
Portobras	Empresa de Portos do Brasil S.A.
Ro-Ro	Roll-on/Roll-off
SEP/PR	Secretaria de Portos da Presidência da República
SFA	Stochastic Frontier Analysis

TEAG	Terminal de Exportação de Açúcar de Guarujá
TECON	Terminal de Contêineres
TEG	Terminal Exportador do Guarujá
Temmar	Terminal Marítimo do Maranhão S.A.
Tergrasa	Terminal Graneleiro S.A.
Termasa	Terminal Marítimo Luiz Fogliato S.A.
TESC	Terminal Portuário Santa Catarina
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
TGG	Terminal de Granéis do Guarujá
TLSA	Transnordestina Logística
TUP	Terminais de Uso Privado
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	25
1.2	OBJETIVOS	26
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	26
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	26
1.3	DELINEAMENTO DA PESQUISA E INDICAÇÕES METODOLÓGICAS	27
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	28
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
2.1	SISTEMA PORTUÁRIO	29
2.1.1	<i>Operação portuária</i>	32
2.2	AValiação DE DESEMPENHO.....	35
2.2.1	<i>Avaliação da eficiência portuária</i>	36
2.3	MODELOS DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA	37
2.3.1	<i>Funções de Produção</i>	38
2.3.2	<i>Funções de Custo</i>	41
2.3.3	<i>Análise Envoltória de Dados</i>	43
2.3.4	<i>Estudos realizados</i>	49
3	MÉTODO DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL PORTUÁRIA	51
3.1	DEFINIÇÃO DAS DMUs	52
3.2	SELEÇÃO DOS <i>INPUTS</i> E <i>OUTPUTS</i>	55
3.3	LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE PESQUISA.....	57
4	ESTUDO DE CASO	59
4.1	PORTO DE SANTOS	59
4.2	PORTO DE PARANAGUÁ.....	62

4.3	PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL.....	66
4.4	PORTO DO RIO GRANDE	69
4.5	PORTO DO ITAQUI	73
4.6	PORTO DE PORTO VELHO	77
4.7	PORTO DE SANTARÉM	80
4.8	TABULAÇÃO DOS DADOS	82
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	85
5.1	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	85
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
6.1	CONCLUSÕES	91
6.2	CONTRIBUIÇÕES	93
6.3	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	94
	REFERÊNCIAS	95

1 INTRODUÇÃO

O termo logística, para Gonçalves (2011), teve origem a partir do momento em que o homem começou a produzir além do necessário para a sua sobrevivência, quando observou que existia produção excedente. Neste cenário, surge então a necessidade da troca de tudo o que não era consumido. Como resultado dessa relação, têm-se as três importantes funções da logística, a saber: estoque, armazenagem e transporte.

De acordo com o *Council of Supply Chain Management Professional* (2014) – principal associação mundial de profissionais que fornece a liderança no desenvolvimento e aperfeiçoamento das profissões que lidam com logística – pode-se definir o termo como sendo:

(...) a parte da gestão da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla, de forma eficiente e eficaz, o fluxo e o armazenamento, em termos de custos, de matérias-primas, serviços, estoque em processo, produtos acabados e as informações correlatas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, a fim de atender às exigências dos clientes (CSCMP, 2014, tradução nossa).

A partir das inovações na navegação marítima aliada às migrações ocasionadas durante o século XIX, observa-se que estes fatores trazem à tona a relação existente entre o transporte e o desenvolvimento das nações. Com o passar dos anos, foram realizados inúmeros estudos, e comprovou-se a relação de causalidade entre os investimentos em infraestrutura de transportes e o desenvolvimento econômico, essencialmente relacionado à aptidão de geração de externalidades, onde seu efeito multiplicador movimenta a economia (SEHN, 2009).

Para Caldeirinha e Felício (2011) a grande importância demandada ao transporte marítimo está cada vez mais interligada à intensificação do comércio e do tráfego de mercadorias entre continentes, regiões ou países, sustentando o desenvolvimento desse setor.

O Brasil por suas características geográficas, e sua costa marítima extensa, possui atualmente 35 portos públicos marítimos e 65

portos públicos fluviais, além de uma lista de 134 terminais de uso privado (TUP) e estações de transbordo de cargas (ANTAQ, 2013).

O transporte marítimo é o principal escoador de cargas para o exterior, devido às suas vantagens no ganho de escalas e ao baixo custo (SOUZA JÚNIOR, 2010), além de ser ponto fundamental e de grande importância na cadeia logística. Dessa forma, deve-se estar atento ao sistema portuário para que não se torne um gargalo da cadeia, afinal o porto tem ligação direta com a economia e o desenvolvimento de uma nação. Para Graefe e Alexeenko (2008): “O desenvolvimento de infraestrutura é um componente vital no estímulo ao crescimento econômico de um país”. (tradução nossa).

O sistema portuário brasileiro não pode ser considerado como modelo, principalmente quando se trata de infraestrutura. Isso pode ser afirmado de acordo com o relatório do “*The Global Competitiveness Report 2011-2012*”, segundo o qual o Brasil, no âmbito de infraestrutura portuário, ocupa a posição 130 de um ranking de 148 países. No relatório do ano seguinte “*The Global Competitiveness Report 2013-2014*” a posição brasileira decaiu uma posição, ficando na 131ª posição dentre os 148 países. No entanto no último relatório publicado “*The Global Competitiveness Report 2015-2016*” a posição do país apresentou sensível melhora, ocupando a posição 120, em um ranking de 140 países (THE WORLD ECONOMIC FORUM, [2016]).

Ao se entender o nível de infraestrutura de um porto e sua eficiência, ter-se-á também uma compreensão substancial do nível de competitividade deste com os demais. Segundo as colocações de Uderman, Rocha e Cavalcante (2012), esta compreensão torna clara a necessidade em entender o quão importante é a infraestrutura de um porto e em que pontos o porto é afetado neste quesito. Por isso, coloca-se que a qualidade de infraestrutura está aliada a diversos indicadores operacionais e influencia diretamente na operação do porto.

No presente estudo, tratar-se-á, especificamente, dos portos movimentadores de grãos sólidos agrícolas. Atrelado ao fato de o Brasil ser considerado o segundo maior produtor mundial de soja na safra 2014/2015 (EMBRAPA, 2016), compreende-se que este seja um ramo de continuo crescimento para a economia do país nos últimos tempos.

Os avanços tecnológicos, manejos e melhorias no plantio tornaram a soja o principal produto, entre os grãos, nas exportações do

país. Segundo o Ministério da Agricultura, nas últimas três décadas a cultura de soja foi a que teve maior crescimento, sendo detentora de 49% da área plantada de grãos do Brasil (BRASIL, 2015).

Observa-se que pela globalização dos mercados, criou-se um ambiente altamente competitivo, e o Brasil tem cada vez mais utilizado o agronegócio como uma estratégia de inserção na economia mundial (OJIMA; ROCHA, 2005). Ademais, atualmente, o Brasil ocupa lugar de destaque no cenário do agronegócio mundial, sendo grande produtor e exportador de soja. Entretanto, pode-se dizer que, a capacidade de expansão desse setor depende diretamente da infraestrutura necessária para o escoamento da produção.

Nesse sentido, a escolha de uma rota eficiente de escoamento da produção, aliada a um porto operacionalmente adequado à movimentação desses produtos, permite ganhos de competitividade às empresas, aumentando a lucratividade dos seus negócios e, em um cenário macro, trazendo ganhos econômicos para o país.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O devido entendimento da infraestrutura portuária pode remeter a ganhos pontuais (porto) e globais (sistema portuário), em termos de logística. Dessa forma, o desenvolvimento e elaboração de uma análise que expresse o nível de eficiência operacional portuária e, do mesmo modo, sua relevância para o desempenho do porto como um todo, auxiliará tanto no planejamento quanto na melhoria da cadeia logística dos grãos sólidos agrícolas, em específico.

Entende-se que o conhecimento do nível de eficiência de um porto, ou de qualquer outra organização, pode apontar os déficits e, consequentemente, os pontos com necessidade de melhoria e/ou mudanças. Os pontos fortes também podem ser visualizados, quando feitas as devidas comparações entre as entidades. Para o sistema, de forma geral, a relevância também é válida, no sentido de desenvolver a cadeia logística, o que reflete em uma melhora no escoamento de cargas e, por conseguinte, na economia do país.

Aliado a este fato, deve-se ressaltar os recentes estudos que vêm sendo elaborados nessa área, principalmente, nos projetos da parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Secretaria de

Portos da Presidência da República (SEP/PR), que buscam um melhor planejamento e investimentos no sistema portuário brasileiro. A exemplo de tais projetos tem-se o Plano Nacional de Logística Portuária (PNLP), o qual vem promovendo o setor portuário e, sem dúvida, despertará o interesse de novas pesquisas na área.

Para tanto, fica a seguinte questão: Dentre os métodos de análise de eficiência existentes, qual é o que melhor representa o caso dos portos públicos brasileiros, que atualmente movimentam graneis sólidos agrícolas?

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho são divididos em geral e específicos, como podem ser vistos nos itens a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar e/ou adaptar metodologia para análise da eficiência operacional dos complexos portuários públicos brasileiros que movimentam graneis sólidos agrícolas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar a infraestrutura e operação dos complexos portuários públicos brasileiros que movimentam graneis sólidos agrícolas;
- Descrever diferentes métodos de análise de eficiência operacional;
- Identificar, adaptar e esquematizar o método a ser utilizado no estudo de caso;
- Definir os indicadores de eficiência operacional que se enquadram na análise pretendida; e
- Realizar sugestões para trabalhos futuros e novas pesquisas.

1.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA E INDICAÇÕES METODOLÓGICAS

Para que os objetivos do estudo sejam obtidos de forma coesa e com qualidade, é fundamental que se tenha a definição de uma metodologia de pesquisa, a fim de que esta sirva de norte durante a execução do trabalho, visando o cumprimento de etapas, métodos e materiais.

O conjunto de ações utilizadas para alcançar a solução de um problema, é conhecido como pesquisa, tendo como base procedimentos racionais e sistêmicos. Para tanto, uma pesquisa deve ser classificada quanto a sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos (SILVA; MENEZES, 2005).

No que diz respeito à natureza da pesquisa, o presente estudo caracteriza-se como de natureza aplicada, que remete ao objetivo de originar conhecimentos de aplicação prática e inteiramente direcionados a um caso específico.

Quanto à abordagem, existem basicamente dois métodos: o quantitativo e o qualitativo. Serão utilizadas para o desenvolvimento deste estudo ambas as abordagens, sendo que a qualitativa será considerada visando à necessidade de interpretação de acontecimentos e de dar atribuições, o que, segundo Torga (2007, p.4), nada mais é do que a “relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números”. Por outro lado, a abordagem pode ser considerada quantitativa devido à necessidade de, durante o processo de pesquisa, traduzir em números alguns resultados, opiniões e informações, de modo que se possa classificá-las e melhor considerá-las.

Outro quesito é quanto ao objetivo da pesquisa, que neste caso pode ser classificado como explicativa, englobando as pesquisas de objetivo descritivo e exploratória. Pesquisas com tais objetivos tendem a identificar fatores que contribuem ou influenciam na ocorrência de fenômenos, com o intuito de aprofundar o conhecimento existente, buscando o porquê dos fatos (TORGA, 2007).

Por fim, os procedimentos técnicos adotados para esta pesquisa, caracterizam-se por envolver consulta à literatura especializada bem como coleta de informações e dados tanto em meio eletrônico quanto em campo. Serão ainda utilizadas outras formas que se mostrarem

admissíveis durante a concretização do estudo, tais como, estudos já concretizados abarcando o tema. Utilizar-se-á, por fim, a aplicação de um estudo de caso, a fim de caracterizar as etapas propostas para a análise e contribuir para a robustez dos resultados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho ora apresentado está subdividido entre as etapas evolutivas do estudo até que sejam alcançados os resultados esperados. Deste modo, além desta Introdução (Capítulo 1), têm-se os seguintes capítulos:

- Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica;
- Capítulo 3 - Método de Análise da Eficiência Operacional Portuária;
- Capítulo 4 - Estudo de Caso;
- Capítulo 5 - Análise dos Resultados; e
- Capítulo 6 - Considerações Finais

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos, utilizados como base para as análises e aplicações no estudo de caso, objeto deste estudo. Primeiramente, ter-se-á uma abordagem teórica sobre o sistema portuário, para então entrar no quesito de avaliação de desempenho e eficiência portuária, e, por fim, apresenta-se uma abordagem sobre os modelos já utilizados para análise de eficiência operacional de portos e demais organizações.

2.1 SISTEMA PORTUÁRIO

Por meio de um decreto de D. João VI datado de 28 de janeiro de 1808, deu-se a abertura dos portos do Brasil, trazendo ao país a noção de controle da navegação marítima. Desde então, a utilização da navegação marítima, fluvial e lacustre vem sendo utilizada nos deslocamentos de pessoas e de mercadorias. Sendo assim, com o surgimento das instalações portuárias, foram notórias as facilidades geradas na movimentação das cargas das embarcações para o meio terrestre (BERTOLOTO, 2010).

Araújo (2013) apresenta um breve histórico evolutivo do sistema portuário brasileiro, dividido em três fases. A primeira fase tem como marco a abertura dos portos mencionada anteriormente, seguida da instauração do Governo Constitucional por Getúlio Vargas, na década de 1930, instituindo através de sua regulação a modernização dos portos, recebendo sua primeira reforma. Ao longo desta fase foram realizadas ações importantes por parte do poder público, tais como a criação do Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis (DNPVN), no ano de 1963, a criação do Grupo Executivo para Integração das Políticas de Transportes (GEIPOT), em 1965, e a criação da Empresa de Portos do Brasil S.A. (Portobras), em 1975, absorvendo a gestão dos portos e hidrovias do país.

Ainda segundo Araújo (2013), em função da necessidade de modernização do sistema portuário brasileiro, deu-se início à segunda fase, tendo como marco a Lei n.º 8.630/1993, conhecida como Lei de Modernização dos Portos, que também extinguiu a Portobras. A referida lei traria ao país considerável melhoria e daria início então a um processo de modernização do sistema portuário. Para Alfredini e Arasaki (2009) a criação da referida lei traz a reformulação da

modernização dos portos, devido à participação da iniciativa privada, quando se tem a privatização de serviços e arrendamentos de armazéns e terminais, visando o incremento de competitividade dos portos brasileiros em nível internacional.

Nesta mesma fase, destaca-se também a criação da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), no ano de 2001, a qual passaria a regular o setor, fiscalizando e explorando a infraestrutura aquaviária.

A terceira fase, apontada por Araújo (2013), acontece a partir do ano de 2007, tendo como marco a criação da Secretaria Especial de Portos, atualmente denominada Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR). Com a criação da secretaria o sistema portuário deixa de ser um setor do Ministério dos Transportes e passa a ter visão estratégica e desenvolvimentista, com status de Ministério.

O histórico evolutivo do sistema portuário, ainda segundo Araújo (2013), está iniciando uma nova fase, a partir da elaboração da Medida Provisória 595, também conhecida como MP dos Portos, no ano de 2012. Com o objetivo de melhorar a eficiência dos portos brasileiros e estabelecer novas regras de concessão, em 2013 a MP dos Portos transformou-se, com o acolhimento de 137 emendas, na Lei n.º 12.815/2013, tendo como maior desafio a regulamentação do setor e sua implementação.

O Brasil pode ser considerado um país privilegiado, pois conta com uma extensão de costa marítima de aproximadamente 8,5 mil quilômetros navegáveis, além de um setor portuário que movimenta cerca de 700 milhões de toneladas por ano (SEP/PR, 2012). O país possui atualmente 35 portos públicos marítimos e 65 portos públicos fluviais, além de mais de 130 TUPs (ANTAQ, 2013), responsáveis por mais de 90% da movimentação internacional, participando ainda de grande parte do fluxo de troca do mercado doméstico (ANTAQ, 2015).

O desenvolvimento econômico de um país e suas relações internacionais são fortemente influenciados pelas atividades marítimas. De acordo com Falcão e Correia (2012) a saída e entrada de cargas nos portos e terminais afetam o comércio internacional do país. Em termos de crescimento econômico, as perspectivas do comércio internacional são bastante válidas e devem ser tratadas com o máximo de cuidado para que a infraestrutura se torne de qualidade.

Segundo Caixeta Filho e Martins (2001), a função básica que se pode atribuir aos transportes é a de proporcionar a locomoção de bens, que antes eram exclusivos de uma única região, até locais que antes não estariam disponíveis. Dessa forma, pode-se afirmar que o sistema portuário faz parte do sistema de transporte, com a função de deslocar pessoas e/ou cargas. Percebe-se então o importante papel que o transporte traz na tentativa de transpor barreiras, provocadas pelo isolamento geográfico, comportando o escoamento da produção e a comercialização de produtos.

Para Alfredini e Arasaki (2014, p.8) “o transporte aquaviário constitui-se como fator indutor do desenvolvimento planejado e abrangente, interligando regiões e proporcionando a movimentação, de maneira segura e econômica, de insumos, produtos e pessoas”.

Na busca de maior qualidade e eficiência, os portos, dentro de sua dinâmica, não se limitam apenas às instalações e à capacidade dos navios, mas principalmente ao seu entorno, dadas as atividades produtivas que fazem uso dos seus serviços (MONIÉ; VIDAL, 2006).

No entanto, deve-se entender que não basta concentrar em resolver os entraves de operação e produtividade dentro do porto. Bacovis (2007) menciona que, devido à falta de um planejamento integrado da infraestrutura brasileira, no setor de transportes, observa-se o aumento dos custos dos produtos brasileiros, e consequentemente um maior dano a sua competitividade, afetando também a cadeia logística como um todo.

É exatamente por este avanço, para além da infraestrutura básica do porto, que se percebe um desenvolvimento econômico acentuado nessas áreas, por meio das necessidades logísticas das regiões produtoras, acarretando novas instalações e infraestruturas (VIDAL e FERREIRA, 2007).

Segundo Cardoso Júnior (2008, p.17) com a “realidade capitalista, os terminais portuários agora necessitavam não somente movimentar as mercadorias, mas precisavam atuar com cada vez mais celeridade em suas operações”, isso indica a necessidade não somente da produtividade, mas da qualidade envolvida nas operações.

Para Bertoloto (2010):

Em busca da especialização, os portos acabam desenvolvendo características distintas para atender

de forma competitiva um mercado específico. Terminais especializados em movimentação de minérios, por exemplo, possuem equipamentos específicos como correia transportadora, empilhadeira de minério, recuperadora de minério e carregador de navio. (BERTOLOTO, 2010, p.36).

A exploração dos serviços prestados nos terminais portuários, em geral, sempre foi gerenciada pelo poder central, por meio da modalidade de concessões, que nada mais é do que um contrato administrativo, pelo qual a Administração Portuária transfere a execução de determinada atividade a uma pessoa jurídica ou a um consórcio de empresas (CARDOSO JÚNIOR, 2008).

Em termos de serviço e operação portuária, de acordo com a ANTAQ (2015), pode-se dividir as operações realizadas dentro do porto, de forma geral, em três: movimentação das embarcações; movimentação das cargas de modo geral; e serviços complementares – referentes aos armadores e proprietários das cargas.

Segundo Gonzalez e Trujillo (2008), os portos têm um importante papel na cadeia logística. Assim, o nível de eficiência portuária influencia, enormemente, a competitividade de um país e, por conseguinte, uma alta eficiência portuária conduz a baixas tarifas de exportações que, por sua vez, favorecem a competitividade dos produtos nacionais em mercados internacionais. A fim de manter uma posição de competidor no mercado internacional, os países precisam trabalhar nos fatores que influenciam a eficiência de seus portos (FALCÃO; CORREIA, 2012).

Ainda, segundo Falcão e Correia (2012), em se tratando do contexto portuário, no que se refere ao uso de ferramentas analíticas como método de avaliação, tem-se uma grande dificuldade, principalmente com relação à complexidade e à disparidade das suas operações. Desse modo, torna-se preferível centrar a análise da eficiência portuária em uma única atividade em particular.

2.1.1 Operação portuária

Na visão de Lacerda (2005, p. 300), um porto pode ser considerado como “um conjunto de terminais, localizados uns próximos aos outros, que compartilham uma infra-estrutura comum (vias de acesso rodoviárias e ferroviárias, e facilidades do canal de acesso marítimo).”

Nota-se que as definições para o entendimento de porto são as mais variadas, Souza Junior (2010) também corrobora tal afirmação quando menciona que:

(...) portos são locais complexos, por estar no elo de transição do transporte terrestre ou aquaviário, o que torna mais difícil a sua gestão e operação. Entretanto, sua organização e estruturação deverão contribuir para melhorar ou piorar o funcionamento dos sistemas de transportes envolvidos. (SOUZA JÚNIOR, 2010, p. 6).

Com outra visão, Almeida (2011) coloca que um porto pode ser definido como:

(...) uma área, abrigada de ondas e correntes, localizada à beira de um oceano, mar, lago ou rio, destinado ao atracamento de barcos e navios, e com o pessoal e serviços necessários ao carregamento e descarregamento de carga e ao estoque temporário destas, bem como instalações para o movimento de pessoas e carga ao redor do setor portuário, e, em alguns casos, terminais especialmente designados para acomodação de passageiros. (ALMEIDA, 2011, p.2).

Os portos podem ser subdivididos em: portos marítimos, fluviais e lacustres, situados, respectivamente, em áreas de mar, rios e lagos. A formação de um porto depende de alguns de seus componentes, naturais ou construtivos, que podem ser separados em quatro blocos distintos, conforme sugerido por Bustamante (2011):

Bloco 1 – Anteporto:

- Canal de acesso; e
- Fundeadouros.
- Bloco 2 – Porto:
- Bacia de evolução;
- Cais de atracação e movimentação terrestre; e
- Área de serviços (local para atracação de rebocadores, cábreas, pontões de serviço e demais embarcações de apoio).

Bloco 3 – Retroporto:

- Armazenagem;

- Acessos terrestres;
- Instalações auxiliares; e
- Administração.

Bloco 4 – Obras complementares:

- Balizamento das rotas (boias, faroletes, refletores de radar, etc.);
- Quebra-mares; e
- Marégrafos.

Para Ignacio e Lima (2013), no que diz respeito à operação de um terminal portuário, esta irá depender essencialmente das cargas e mercadorias por ele transportadas. No entanto, sua função básica torna-se a mesma para qualquer que seja o segmento do terminal: carregar e descarregar mercadorias.

Com relação aos serviços portuários, Porto e Silva (2000) fazem diferença entre os prestados às cargas e aqueles prestados às embarcações. Em suma, os serviços prestados às cargas são conserto, alocação em pátios, armazéns e silos, deslocamento entre o cais e a retroárea, embarque e desembarque do navio, arrumação na embarcação, consolidação e desconsolidação, liberação e outros. Dentre os serviços voltados às embarcações, são citados os rebocadores, praticagem, serviços de suprimento, atracação e desatracação, conserto, aprofundamento e manutenção das vias de acesso, dragagem, sinalização e balizamento.

No caso específico da operação de grãos nos terminais portuários, estas têm início ainda com a chegada da carga no porto, na maioria dos casos via modal rodoviário, podendo também ser transportada por ferrovia, e, em menor escala, por hidrovia. A descarga dessas cargas, quando chegam ao porto, é realizada em geral por meio de moegas e transportadas até os armazéns e silos por esteiras. O carregamento dos grãos começa na transferência dos grãos do armazém até o berço, onde se encontra o navio de destino, realizado na maioria dos casos por meio de equipamentos de carregamento do porto.

2.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Conforme Gomes e Ponchio (2005), a eficiência técnica de uma unidade produtiva pode ser medida pela razão entre a produção observada e a produção máxima, ou pela razão entre a quantidade mínima necessária de recursos e a quantidade efetivamente empregada, dada a quantidade de produtos gerada.

Entende-se que a avaliação de desempenho busca medir, por intermédio de um determinado número de indicadores, pertinentes para cada caso, se o sistema está funcionando adequadamente.

Segundo Gasparetto (2003):

A construção de um modelo de avaliação de desempenho envolve questões como: O que será mensurado? Como vários indicadores individuais serão integrados em um sistema de mensuração? Com que frequência mensurar? Como e quando os indicadores serão reavaliados? (GASPARETTO, 2003, p.89).

Souza Júnior (2010) define desempenho como o resultado de uma combinação de elementos, representados, em suma, por suas qualidades e quantidades, devendo desempenhar seus papéis adequadamente, dado um sistema. Ademais, para analisar o desempenho de um sistema, o mesmo autor afirma ser necessário caracterizá-lo e representá-lo de tal modo que se possa descrever o comportamento de seus resultados e respostas, para posterior definição das formas de análise e tratamento a serem utilizados.

Nesse contexto, buscando caracterizar o desempenho de uma organização, Takashina e Flores (1996), descrevem que indicadores de desempenho podem assumir esta função, pois representam características de produtos e processos utilizados para controlar e melhorar a qualidade do desempenho ao longo do tempo. Kiyani (2001) complementa a afirmação e acrescenta que os indicadores de desempenho, podem ter foco direto na área operacional, verificando os processos realizados pela organização, sendo utilizados para balizar as decisões e ações a serem tomadas.

Pode-se, ainda, medir o desempenho com o intuito de expressar como a organização vem atuando e de que modo ela tem realizado seus processos. Com isso, pode-se colocar que os indicadores de desempenho tornam viável a busca por melhoria de qualidade, tanto de produtos e

serviços, quanto em termos de ganho de produtividade (ARRUDA; NOBRE JR; MAGALHÃES, 2008).

Em relação a qualidade, os indicadores expressam o desempenho com que os produtos e processos informam os níveis de eficiência e eficácia das organizações. Além disso, com os resultados fornecidos pelos indicadores de desempenho, pode-se analisar, dentro de um determinado período, o desempenho e qualidade da organização, a ponto de servir como suporte para o planejamento e tomadas de decisão. (ARRUDA; NOBRE JR; MAGALHÃES, 2008).

2.2.1 Avaliação da eficiência portuária

Para Nakagawa (1987 apud VILELA; NAGANO; MERLO, 2007), o conceito de eficiência está relacionado a métodos, processos, operação, enfim, ao modo considerado correto de se executar determinada atividade, podendo ser definida, por exemplo, pela relação entre a quantidade produzida e os recursos consumidos.

No que diz respeito à eficiência de qualquer empresa ou organização, segundo Cantelli (2001), espera-se que para tal sejam maximizados seus fins com o mínimo uso de seus recursos. Em outras palavras, espera-se que os métodos adotados sejam os melhores, para que a relação volume produzido por recursos consumidos seja a maior possível. O mesmo autor coloca também que para medir-se a eficiência são necessários indicadores que representem a organização.

Contador (1998), por sua vez, afirma que a eficiência está fortemente atrelada à produtividade, sendo que a primeira é a relação percentual entre a produção realmente realizada com a produção padrão (o que deveria ter sido realizado), e a segunda trata da relação entre os resultados da produção efetivada e os recursos produtivos aplicados a ela.

De acordo com Lima Júnior (2001 apud SOUSA JR.; NOBRE JR.; PRATA 2008), consideram-se quatro passos básicos para a estruturação da medição de desempenho, sejam eles:

- Definição de quais atributos (tais como: tempo, custo, nível de serviço, qualidade) são considerados críticos, visando o intuito de o sistema alcançar seus objetivos;

- Mapeamento dos processos interfuncionais, que buscam obter resultados e identificação das relações de causa e efeito existentes;
- Identificação dos elementos críticos e das capacidades necessárias para a execução dos processos de modo satisfatório; e
- Compreensão de medidas que avaliem esses elementos e capacidades, assim como os respectivos padrões e metas.

Tendo em vista que nos portos existe muita complexidade e heterogeneidade nas operações, as ferramentas analíticas como método de avaliação são complicadas. Opta-se, então, por centrar a análise da eficiência portuária em uma atividade em particular, assim, os indicadores de desempenho portuários são classificados em duas classes principais: financeira e operacional. A eficiência relativa dos portos é analisada pela Análise Envolvória de Dados (DEA), enquanto que a eficiência técnica ou econômica dos portos é a avaliada referente às fronteiras estocásticas (SFA – do inglês *Stochastic Frontier Analysis*) (FALCÃO; CORREIA, 2012).

2.3 MODELOS DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA

Na literatura podem ser encontrados diversos trabalhos que tratam da análise de eficiência operacional. De um modo geral esses estudos variam de acordo com o modo de se medir eficiência. Para Azambuja (2002) o ato de medir eficiência pode ser realizado por meio de medidas paramétricas e medidas não paramétricas, como por meio de funções de produção, funções de custo, e análise envoltória de dados, as duas primeiras medidas paramétricas e a última não paramétrica, respectivamente.

As técnicas paramétricas buscam uma fronteira a partir do máximo de produtos possíveis a serem determinados por uma combinação de insumos. O nome desse método é dado pelo fato de que ele necessita especificar formas funcionais, ou seja, parâmetros para arquitetar as funções de produção que devem ser estimadas. A técnica paramétrica pode ser dividida, ainda, em dois grupos, sendo eles os modelos de fronteira determinística e os modelos de fronteira estocástica (PINHEIRO, 1992).

Por outro lado, os métodos que seguem a técnica não paramétrica baseiam-se em programação matemática, em que o objetivo está relacionado ao cálculo da medida de eficiência por meio da relação entre observações e as fronteiras de produção. Desse modo, os métodos não paramétricos constroem uma fronteira de produção de eficiência para utilizá-la como referência e compará-la as outras unidades estudadas, classificando-as em níveis de eficiência ou de ineficiência (SENGUPTA, 1989).

Nesta seção apresenta-se uma concisa descrição acerca destes modelos. Além disso, são apresentados, brevemente, alguns estudos que utilizam modelos de análise de eficiência e um quadro comparativo entre os métodos estudados.

2.3.1 Funções de Produção

De acordo com Coelli e colaboradores (2005), pode-se definir a função produção como aquela que relaciona as entradas de um determinado processo de produção com seu produto final. Em outras palavras, a função produção busca, em um determinado espaço de tempo, definir por meio do processo de produção o maior número de produtos acabados a partir de uma quantidade de inputs.

Segundo Acosta (2008), até o ano de 1950, as funções de produção tinham sua utilização voltada ao estudo de distribuição de renda entre capital e trabalho.

De modo geral, pode-se afirmar que a função produção está diretamente relacionada às quantidades de insumos utilizadas na produção com a quantidade máxima, que pode ser obtida do produto acabado (SILVA, 2014).

No estudo de Azambuja (2002) foram levantados alguns modelos de função produção, dentre eles estão os modelos de fronteira de produção determinísticos e modelos de fronteira de produção estocástica. Para Barros, Costa e Sampaio (2004, p. 4), “a diferença entre estes dois modelos está na suposição com relação ao termo de erro. As fronteiras deterministas supõem que toda ineficiência está ligada a fenômenos que estão sob o controle das unidades de produção”.

Em seu estudo, Acosta (2008, p. 42) corrobora a noção de que para as funções produção “dependendo da hipótese sobre as causas das

diferenças de desempenho das unidades produtivas, a fronteira a ser estimada pode ser classificada como determinística ou estocástica”.

Na sequência, busca-se apresentar um exemplo do modelo de fronteira determinística e outro de fronteira estocástica para a função produção.

2.3.1.1 Função Produção – Modelo de Fronteira Determinística

Barros, Costa e Sampaio (2004) apontam em seus estudos que, os modelos de fronteira determinística representam sua ineficiência por meio dos elementos que estão sob o controle das unidades aferidas. Em suma, pode-se dizer que as diferenças de desempenho entre as unidades com a fronteira resultam da ineficiência técnica.

De acordo com Azambuja (2002), a função produção de Cobb-Douglas serviu de embasamento para várias outras estimativas de funções de fronteira determinística. A função de Cobb-Douglas surgiu a partir de estudos realizados pelos autores que dão nome ao modelo, Charles Cobb e Paul Douglas, em 1928, os quais buscavam modelar o desempenho da economia dos Estados Unidos no período de 1899 e 1922.

Para tanto, Cobb-Douglas propõem a Equação 1 base nos seus estudos:

$$Q = A I_1^{\alpha_1} I_2^{\alpha_2} I_3^{\alpha_3} \quad (1)$$

Na função apresentada, tem-se Q como o produto da função, em que I_1 , I_2 e I_3 são as quantidades de trabalho, capital e insumos, respectivamente utilizadas, e, por fim, as variáveis A, α_1 , α_2 e α_3 são os parâmetros adotados na função.

Em suma, a função busca expressar o relacionamento de um determinado produto Q com as diversas entradas I, neste caso, trabalho, capital e insumos (matéria-prima). Assim, para o caso apresentado por Cobb-Douglas, trata-se da relação entre um *output* e três *inputs*.

No que diz respeito aos parâmetros α , estes têm por objetivo medir a participação relativa de cada *input* com relação ao produto final (PAIVA, 2007). Sendo assim, esses parâmetros também representam os retornos de escalada da produção, ou seja, a somatória dos expoentes α está diretamente ligada às características de rendimento de escala da organização (VARIAN, 2000 apud PAIVA, 2007). Se a somatória for igual a 1, os rendimentos são constantes, se o somatório for maior que 1, os rendimentos de escala são crescentes, e quando menor que 1, os rendimentos de escala são decrescentes.

Para Acosta (2008), os modelos determinísticos podem apresentar desvantagens à medida que não consideram que o produto pode ser afetado por variações randômicas, isto é, pelo fato de não se considerar alterações que estão além da capacidade de controle da produção. Citam-se como exemplo, as interrupções no suprimento dos *inputs*, acidentes, fatores ambientais, manutenção de equipamentos, e outros.

2.3.1.2 Função Produção - Modelo de Fronteira Estocástica

Em seus estudos, Acosta (2008) coloca que os modelos de fronteira de produção estocástica têm impactos sob seus *outputs* causados através de variações randômicas em seus *inputs*, diferenciando assim das ineficiências técnicas. Vale ressaltar que este erro randômico leva em consideração variações e erros de medidas de casualidades, como por exemplo, os fatores de efeitos climáticos, que podem influenciar no produto final.

Entende-se então que o modelo de fronteira estocástica traz à função produção uma variável considerando o erro randômico que pode apresentar duas componentes distintas: a que mensura a ineficiência técnica e a que representa a influência dos efeitos aleatórios (PEREIRA; MOREIRA, 2007)

Desse modo, Azambuja (2002) apresenta a forma geral da função produção de fronteira estocástica apresentada por Kumbhakar e Lovell, em 2000 (Equação 2), na qual a variável de erro randômica estocástica é representada por $\exp\{v_j\}$:

$$y_j = f(x_j, \beta) \cdot \exp\{v_j\} \cdot ET_j \quad (2)$$

Sendo assim, o produto gerado é representado por y_j . O erro randômico na equação pode ser positivo ou negativo, logo, entende-se que os produtos variam de acordo com a parte determinística do modelo proposto, que é representado pela função $f(x_j, \beta)$. O vetor x_j sinaliza os diversos insumos utilizados, enquanto que β é o vetor que representa os parâmetros de tecnologia a ser estimado. Por fim, a variável ET_j representa a ineficiência técnica associada aquele produto (AZAMBUJA, 2002).

2.3.2 Funções de Custo

Entende-se por função de custo a indicação do mínimo custo necessário para que se produza uma quantidade de produtos, levando em consideração um determinado nível de produção, os preços das matérias-primas e a tecnologia utilizada (PESSANHA; SOUZA, 2003).

Em suma, entende-se que a função custo representa o menor custo utilizado para alcançar um conjunto de *outputs*, dado um conjunto ótimo de combinações de *inputs* (GOMES; PONCHIO, 2005). Para Small (1992 apud AZAMBUJA, 2002, p.94), no entanto, a função custo “delineia o custo mínimo de produção do vetor produto, para determinada função produção, em vista de algumas relações de oferta, para os insumos”.

Acosta (2008) afirma que a função custo é estimada e utilizada quando o nível do produto em questão atinge fatores externos, ou seja, quando este conjunto de fatores não pode ser controlado, utilizando como exemplo, preços que variam.

Assim sendo, Berechman (1993 apud Azambuja, 2002) coloca que o modelo da função custo pode assumir um ou múltiplos produtos, além disso, o modelo pode estimar custo em função do prazo (curto ou longo), da especificação econométrica e do número de produtos fins. A função custo pode então ser assim definida conforme a Equação 3:

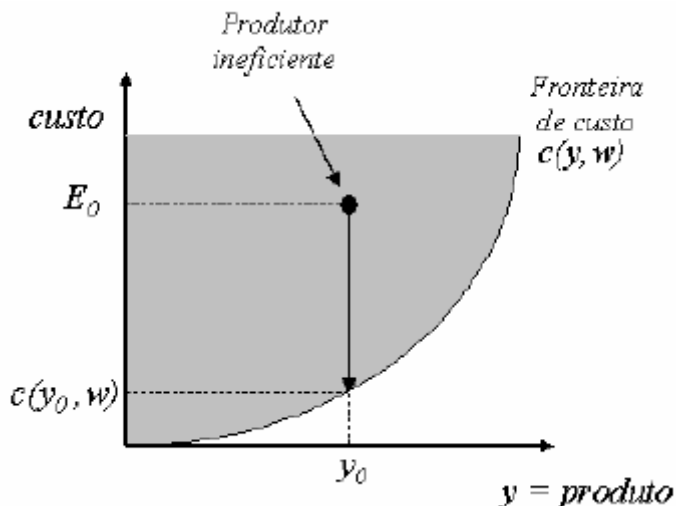
$$C(y, w, \beta) = \min_{\bar{x}} \tilde{C}(y, w, \beta, \bar{x}) \quad (3)$$

Na Equação 3 tem-se C como a função de custo; y representa o vetor produto; w é a variável do vetor de preço dos *inputs*; β é o parâmetro a ser estimado; e \bar{x} representa os inputs fixos.

Para Arcoverde Tannuri-Pianto e Sousa (2005) a interpretação de ineficiência na função custos deve ser analisada com maior critério. Isto ocorre porque, enquanto para a função produção que se tem o termo de erro unilateral sendo reflexo puro de ineficiência técnica, a função custo apresenta, para qualquer erro, uma parcela referente à ineficiência técnica e uma parcela da ineficiência alocativa. Em resumo, um produtor, quando analisado pela função produção pode se mostrar eficiente, no entanto, quando se aplica a função custo mostra-se ineficiente, pois os erros apresentados refletem-se em elevação de custo.

Dada a função fronteira de custo de um determinado produto, pode-se inferir que o custo de um produtor é ineficiente quando este for maior que o custo definido pela fronteira de custo. Em suma, a fronteira de custo representa os produtores eficientes, e todos os produtores acima desta fronteira são considerados ineficientes. Pessanha e Souza (2003) representam esta afirmação através da figura a seguir.

Figura 1 – Função fronteira de custo



Fonte: Pessanha e Souza (2003)

Pessanha e Souza (2003) colocam ainda que a fronteira de custo, nada mais é do que a referência a ser utilizada na comparação entre diferentes produtores, que atuem em um mesmo segmento.

2.3.3 Análise Envoltória de Dados

Segundo Vilela, Nagano e Merlo (2007) tem-se como marco inicial para os primeiros entendimentos sobre a Análise Envoltória de Dados (DEA – do inglês *Data Envelopment Analysis*) a proposta encontrada nos estudos de Farrell, do ano de 1957. Farrell (1957) propõe um modelo empírico com o intuito de retratar a eficiência relativa indo de encontro ao modelo de produção funcional teórico de eficiência. Desse modo, Farrell determina que o ideal para determinação da eficiência de uma organização é compará-la ao melhor nível de eficiência já observado, desconsiderando a busca pelo ideal teórico.

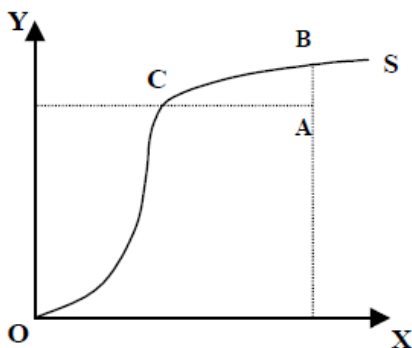
Em resumo, segundo seu estudo, Farrell (1957) determina que a eficiência, quando considera múltiplas escolhas e saídas, pode ser definida conforme a Equação 4:

$$EF = \frac{\sum_j u_j Y_{jk}}{\sum_i v_i X_{ik}} \quad (4)$$

Na Equação 4, Y são as saídas, X as entradas, u e v são os pesos adotados para cada saída e entrada, respectivamente.

Ao se considerado um processo de produção, levando em conta uma única entrada X e outra única saída Y, ter-se-á o gráfico reproduzido pela Figura 2, conforme proposto por Fontes (2006).

Figura 2 - Representação de um processo genérico de produção



Fonte: Fontes (2006)

A curva OS representada no gráfico indica, segundo Fontes (2006), a fronteira de produção, sendo a relação entre a entrada X e a saída Y. Ou seja, quando considerado um determinado nível de entrada, a curva representará o nível máximo que a saída poderá atingir. A curva de produção é formada pelos pontos técnicos de eficiência, ou seja, qualquer empresa que opere em qualquer um dos pontos da curva pode ser considerada eficiente. Analisando o gráfico, as empresas C e B são consideradas eficientes, enquanto que a empresa A é ineficiente. No entanto, apesar de eficientes, as empresas C e B operam com produtividades distintas.

Sabe-se que a produtividade pode ser definida como a razão entre o que foi produzido e o que foi gasto. Nesse contexto, Fontes (2006) traz alguns benefícios para gestão, oriundos da determinação da produtividade, tais como: identificação das atividades de maior produtividade, conhecimento da quantidade e do uso dos recursos de maneira otimizada, definição da quantidade necessária de investimento para aumento da produção, identificação de melhorias na produção, determinação de estratégias para incremento do ganho de produtividade, entre outros.

E assim, a partir do modelo de Farrell, surgiram outros estudos, como foi o caso de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) que deram início ao estudo que trata da abordagem não paramétrica da análise de eficiência, utilizando múltiplos insumos (inputs) e múltiplos produtos (outputs), conhecida como *Data Envelopment Analysis* (DEA), em português, Análise Envoltória de Dados.

Mello e colaboradores (2003) colocam que o modelo apresentado por Charnes, Cooper e Rhodes busca a determinação da eficiência de uma organização, não levando em consideração somente os aspectos financeiros.

No modelo proposto, Vilela, Nagano e Merlo (2007) apresentam que os autores, Charnes, Cooper e Rhodes, nomearam as unidades organizacionais, que seriam analisadas pelo DEA, de unidades tomadoras de decisão, ou *decision making units* (DMU). Entende-se que tais unidades podem ser constituídas das mais diversas formas e naturezas, como exemplo: países, empresas, unidades departamentais ou indivíduos. No entanto, o autor lembra que as DMUs devem pertencer a um conjunto homogêneo. Para cada DMU ter-se-á um conjunto de “n” *outputs* e um conjunto de “m” *inputs*.

Desse modo, o objetivo da aplicação de DEA consiste em comparar um determinado conjunto de DMUs, que realizam tarefas similares, mas que sejam distintos nas quantidades de *inputs* que consomem e de *outputs* que produzem (MELLO et al., 2003).

Para Angulo Meza (1998 apud BERTOLOTO; MELLO, 2011) pode-se subdividir a modelagem DEA em três etapas, primeiramente deve-se definir e selecionar as DMUs, depois selecionar as variáveis de entrada e saída, e, por fim, escolher do modelo e aplicação.

Por isso, Bertoloto e Mello (2011) mencionam que a escolha de um modelo DEA deve determinar as propriedades implícitas que têm relação com as medidas de eficiência e as projeções de eficiência, isto é, deve-se apontar a rota a ser traçada para que as DMUs deixem de ser consideradas ineficientes e tornem-se eficientes.

Há dois modelos de DEA clássicos: o modelo CCR (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978), que considera retornos de escala constantes; e o modelo BCC (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984), que considera retornos variáveis de escala e não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. A seguir apresenta-se uma breve descrição para cada um desses modelos.

2.3.3.1 Modelo DEA CCR

A partir das formulações de Talluri (2000), Souza Júnior (2010) afirma que o modelo CCR estrutura-se a partir de n DMU, que por sua vez utilizam I *inputs*, para produzir O *outputs*. O modelo CCR pode ser orientado a *input* ou a *output*.

Entende-se por orientação a *input* quando se busca atingir a eficiência com a redução dos recursos (*inputs*) e mantendo os produtos (*outputs*) iguais. Ou seja, o modelo procura definir a eficiência por meio da otimização da razão entre a soma ponderada dos *outputs* pela soma ponderada dos *inputs*. Permitindo assim, que para cada DMU sejam determinados os pesos das variáveis conforme for benevolente, ressaltando que os pesos aplicados às outras DMUs não podem resultar em uma razão superior a 1 (MELLO et. al., 2003). Desse modo, apresenta-se, a Equação 5 do modelo DEA CCR orientado a *input*.

$$\max Eff_0 = \frac{\sum_{j=1}^S u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^R v_i x_{i0}} \quad (5)$$

Onde, ficam sujeitas as seguintes condições:

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{j=1}^S u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^R v_i x_{ik}} &\leq 1, \forall k \\ v_i, u_j &\geq 0, \forall i, j \end{aligned}$$

Sendo que:

Eff_0 é a eficiência da DMU 0;

v_i, u_j são os pesos dos *inputs* e *outputs*, respectivamente;

i são os *inputs* que variam de 1,...,r;

j são os *outputs* que variam de 1,...,s;

$x_{ik}y_{jk}$ são, respectivamente, os inputs e outputs da DMU k , e k pode assumir valores de 1,...,n.

Entende-se que este problema de programação fracionada, pode ser linearizado e transformado em uma programação linear. A estrutura matemática desses modelos, permite avaliar e obter a eficiência das DMUs estudadas, a partir de um grupo distinto de pesos, podendo inclusive atribuir pesos nulos a determinadas variáveis, assumindo que essas não são consideradas na análise (MEZA et. al., 2007). Desde modo, pode-se apresentar a Equação 6:

$$\max h_0 = \sum_{j=1}^m u_j y_{j0} \quad (6)$$

Sendo que:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n v_i x_{i0} &= 1 \\ \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} &\leq 0, \quad k = 1, \dots, s \\ u_j, v_i &\geq 0 \quad \forall i, j \end{aligned}$$

Neste modelo, h_0 é a eficiência da DMU “0” em análise, enquanto que $x_{i0} y_{j0}$ são os *inputs* e *outputs* da DMU “0”, e, por fim, v_i e u_j são os pesos calculados pelo modelo para os *inputs* e *outputs*.

2.3.3.2 Modelo DEA BCC

O Modelo BCC considera a possibilidade de rendimentos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente, restringindo a uma curva convexa, ou seja, o modelo considera retornos variáveis de escala (MEZA, et. al., 2005a). A adoção de um axioma de convexidade é um dos pontos que diferencia os modelos BCC e CCR, pois no modelo CCR utilizasse a proporcionalidade.

O modelo permite que as DMUs, que operam com baixos valores de *inputs*, tenham retornos crescentes de escalas, e as que operam com altos valores tenham retornos contrários, decrescentes (MELLO et al. 2003). Assim como o modelo DEA CCR, o BCC também pode ser orientado a *inputs* ou *outputs*.

Em termos de estruturação o modelo BCC é semelhante ao modelo CCR, sendo assim, apresenta-se a formulação do modelo DEA BCC, elaborada por Banker, Charnes e Cooper (1984), em programação linear orientado a *inputs* e a *outputs*, conforme proposto por Souza Júnior (2010) na Equação 7:

$$\max h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - u_* \quad (7)$$

Onde:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} &= 1 \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} - u_* &\leq 0, \quad k = 1, \dots, n \\ u_j, v_i &\geq 0 \quad \forall x, y \\ u_* &\in \mathcal{R} \end{aligned}$$

Neste sentido, para o modelo BCC, h_0 é a eficiência para uma determinada DMU 0, enquanto que x_{ik} é o *input* de uma determinada DMU k e por conseguinte, y_{jk} representa o *output* desta mesma DMU k.

Por outro lado, v_i e u_j são os pesos dados aos *inputs* i e aos *outputs* j , respectivamente. Por fim, u_* representa um fator de escala, que quando resultar em um número positivo indicará que a DMU está em região de retornos decrescentes de escala, e, se negativo, os retornos serão crescentes.

Por fim, Meza e colaboradores (2007) apresentam, de forma não matemática, que para o modelo DEA BCC uma determinada DMU é considerada eficiente quando esta melhor aproveita os *inputs* de que dispõe, dentro da escala em que opera. Por outro lado, no modelo DEA CCR, considera-se uma DMU eficiente aquela que proporcione o melhor quociente de *outputs* com relação aos *inputs*, em outras palavras, aquela que melhor aplica os *inputs* sem considerar a escala de operação da DMU.

2.3.4 Estudos realizados

Após a descrição detalhada dos métodos de análise de eficiência operacional encontrados na literatura e já utilizados em casos semelhantes ao proposto, apresenta-se a seguir um quadro comparativo entre as técnicas apresentadas. O intuito deste quadro é facilitar a decisão de escolha do método a ser aplicado no estudo de caso.

Quadro 1 – Comparação entre os métodos de análise de eficiência operacional

Método	Vantagens	Desvantagens
Função Produção - Fronteira Determinística	Método bem específico, onde seus resultados são voltados exclusivamente à ineficiência técnica.	Não considera que o produto pode ser afetado por efeitos fora da produção.
Função Produção - Fronteira Estocástica	Traz como resultante os desvios em relação à fronteira de produção; Engloba os erros randômicos em seus inputs.	Vulnerável ao tamanho da amostra.
Função Custo	Engloba a ineficiência técnica e alocativa; Pode ser calculada para um ou múltiplos produtos.	Sua resultante é puramente voltada aos fatores de custo.
Análise Envolvória de Dados	Análise múltiplos atores e multiplas variável em simultâneo; Eficiência individualizada para cada ator; Pode resultar em mais de um ator eficiente.	Vulnerável à existência de ponto espúrio; Não permite a extrapolação de suas conclusões por ser uma técnica não paramétrica.

Fonte: Elaborado a partir de Acosta (2008); Azambuja (2002); Bertoloto e Mello (2011); Coelli et. al. (2005); Farrell (1957); Fontes (2006); Mello et. al. (2003); Meza et. al. (2007); Pessanha e Souza (2003); Sengupta (1989); Souza Júnior (2010).

Ademais, nesta seção foram reunidos alguns dos estudos levantados durante a revisão bibliográfica, que utilizaram modelos de análise de eficiência. A utilização deste modelo na literatura é vasta, por isso, buscou-se representar aqueles que tinham maior harmonia com este estudo.

No Quadro 2 é apresentado um resumo dos autores e seus respectivos trabalhos realizados contemplando métodos e metodologias de análise de eficiência.

Quadro 2 – Trabalhos pesquisados na literatura relacionados a metodologias e métodos de análise de eficiência

Autor	Ano	Trabalho	Amostra	Inputs e Outputs
ROLLE HAYUTH	1993	Port performance comparison applying DEA	20 portos	Capital, nº de funcionários, tipo de carga, nível de serviço, movimentação de carga, satisfação dos usuários, atracações
MARTINEZ-BUDRIA et. al.	1999	A study of the efficiency of Spanish port authorities using Data Envelopment Analysis	26 portos	Despesas, taxas de depreciação, movimentação, receita obtida
TONGZON	2001	Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis	16 portos	Guindastes, berços, rebocadores, funcionários, área do terminal, tempo de espera, TEU, movimentação hora/navio
VALENTINE E GRAY	2001	The measurement of port efficiency using data envelopment analysis	31 portos contêineres	extensão do berço, investimento, nº de contêineres, movimentação
FONTES	2006	Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA	31 portos e terminais brasileiros	extensão de cais, movimentação total de embarcações e movimentação total da carga movimentada
ACOSTA	2008	Uma proposta de metodologia para análise de eficiência em portos brasileiros: a técnica de Análise Envolvória De Dados (DEA)	27 portos	nº de acessos, extensão de cais, profundidade do canal, área de armazenagem, nº berços, profundidade dos berços, guindastes, movimentação 2004 - 2005
SOUZA JR.	2010	Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil	15 portos do nordeste brasileiro	extensão dos berços, calado admissível, movimentação
BERTOLOTO E MELO	2011	Efficiency of Brazilian public ports and terminals with different characteristics	48 portos e terminais marítimos brasileiros	extensão dos berços, calado máximo, movimentação
FALCÃO E CORREIA	2012	Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros	-	-

Fonte: Elaboração Própria

3 MÉTODO DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL PORTUÁRIA

Após a revisão bibliográfica do sistema portuário, da avaliação de desempenho, passando pelo entendimento da análise de eficiência portuária, e, por fim, dos modelos já utilizados na literatura, busca-se a definição e o aprimoramento de metodologia a ser utilizada para o estudo de caso proposto.

Dentre os modelos apresentados, o que melhor se associa ao presente trabalho é a Análise Envoltória de Dados (DEA), pois, entende-se que sua aplicação pode ser melhor delineada para o caso apresentado, em que serão considerados vários *inputs* e *outputs* para uma única DMU, podendo realizar a análise em conjunto para distintas DMUs, resultando em uma análise comparativa. Os demais métodos, podem ser aplicados ao estudo, no entanto, trariam análises diferentes, estando focados para os seguimentos de produção e de custo, somente.

Em função dos dados obtidos, da análise comparativa entre os portos e terminais movimentadores de graneis sólidos agrícolas, optou-se por utilizar o método DEA, devido sua maior abrangência de análise, comparado aos demais métodos descritos.

Uma vez escolhida a aplicação da Análise Envoltória de Dados, optou-se por utilizar o modelo CCR, devido à homogeneidade dos portos em análise e similaridade em termos de movimentação, visto que foi delineada apenas a análise das movimentações de graneis sólidos agrícolas.

Segundo Souza Júnior (2010) o fluxo de implementação da Análise Envoltória de Dados pode ser considerado similar para os diversos casos aplicados. Desse modo, busca-se inicialmente a definição e a seleção dos atores a serem analisados e comparados. Na sequência, deve-se fixar os objetivos da análise, para que se possam definir os fatores de relevância a ser utilizados. Em seguida, busca-se examinar os fatores selecionados, por meio de avaliação, correlação e prova de tais fatores. Isso se deve ao fato de que esta etapa deve retroalimentar a seleção das DMUs, pois no caso de não satisfazer a um destes exames, faz-se necessária uma reavaliação da seleção. Formaliza-se então o modelo final, aplicando-o, para que os resultados obtidos possam ser analisados.

A seguir, são apresentados e detalhados os passos para a implementação da Análise Envoltória de Dados ao estudo de caso selecionado.

3.1 DEFINIÇÃO DAS DMUS

A primeira etapa na aplicação do método de Análise Envoltória de Dados está na seleção das DMUs que serão comparadas e analisadas. Sales (2011) coloca que a escolha e definição das DMUs deve ser associada a um conjunto de unidades homogêneas, no qual as unidades atuem em um mesmo segmento, tendo variações apenas de dimensão, intensidade, e proporção entre suas entradas e saídas.

Um dos pressupostos deste estudo é analisar os principais portos públicos movimentadores de grãos sólidos agrícolas. Sendo assim, os portos incluídos no estudo foram selecionados a partir da sua movimentação.

Para a tomada de decisão sobre quais portos deveriam ser considerados no estudo, optou-se por buscar aqueles que representassem mais de 95% da movimentação de grãos sólidos agrícolas do tipo soja, milho e farelo de soja, estando incluídos somente os complexos portuários públicos brasileiros. Os terminais de uso privado (TUP) não foram considerados nesta análise, devido as diferenças existentes de infraestrutura e operação dos portos públicos, atualmente, outro fator relevante está associado na dificuldade de obtenção de dados.

Desta forma, buscando maior homogeneidade dos dados, optou-se por analisar os volumes movimentados pelos portos públicos e seus terminais arrendados.

Vale ainda ressaltar, que o volume de pouco menos que 5%, que não entrou na análise, são cargas não expressivas, considerado o total movimentado e, que na grande maioria, foram movimentadas esporadicamente nos portos que não entraram na análise.

Desse modo, na tabela a seguir estão listados os portos que movimentaram tais produtos.

Tabela 1 - Movimentação dos portos públicos de soja, milho e farelo de soja, no ano de 2014 (t)

Porto	Mov. (t)	Representatividade
Santos	23.586.551	39%
Paranaguá	16.502.686	27%
São Francisco do Sul	6.291.450	10%
Rio Grande	5.173.681	8%
Itaqui	3.678.508	6%
Porto Velho	2.710.426	4%
Santarém	2.584.472	4%
Imbituba	513.574	1%
Ilhéus	200.008	0%
Vila do Conde	1.862	0%
Belém	122	0%

Fonte: ANTAQ (2015)

A partir da tabela anterior, atendendo ao critério de seleção, os portos que juntos somam mais de 95% da movimentação realizada no país foram os escolhidos e estão listados a seguir. Na sequência, o mapa da Figura 2, apresenta suas localizações no território nacional.

- Porto de Santos;
- Porto de Paranaguá;
- Porto de São Francisco do Sul;
- Porto do Rio Grande;
- Porto do Itaqui;
- Porto de Porto Velho; e
- Porto de Santarém.

Figura 2 – Portos em Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

Quando levado em consideração não somente os portos públicos, mas também os TUPs, no que diz respeito à movimentação de soja, farelo de soja e milho, os portos selecionados detêm cerca de 70% de toda a movimentação no país, para o ano de 2014, conforme dados do Anuário Estatístico da ANTAQ para o ano de 2014 (ANTAQ, 2015).

3.2 SELEÇÃO DOS *INPUTS* E *OUTPUTS*

A seleção dos fatores de análise das DMUS deve acontecer de tal forma que melhor traduza cada uma das unidades. Deve-se salientar, segundo Sales (2011), que a escolha das variáveis a serem utilizadas deve seguir o critério de acesso e disponibilidade na obtenção dos seus dados para cada uma das DMUs.

Quanto maior o número de variáveis que se vai utilizar, mais próximo da realidade será o resultado e melhor se expressará a DMU em análise. Consequentemente, melhor será o resultado de comparação. No entanto, Silveira (2009, apud Sales, 2011) afirma que quando se trabalha com um número alto de DMUs tem de se ter mais cautela para não induzir ao erro na análise de DEA, pois estas podem estar localizadas próximas à fronteira, dificultando a análise sobre quais são as DMUs eficientes e quais as ineficientes. Sendo assim, deve-se obter um equilíbrio tanto na escolha das DMUs quanto das variáveis em análise.

Para tanto, tomando por base Sales (2011), optou-se por utilizar variáveis que representem a operação do porto, especificamente na movimentação de grãos sólidos agrícolas. Dentro da base de dados elaborada, buscou-se levantar os seguintes dados, das áreas de infraestrutura e operação dos portos:

- Profundidade do canal de acesso (m);
- Profundidade do Cais (m);
- Calado permitido (m);
- Unidade de berços de atracação;
- Extensão dos berços (m);
- Capacidade de armazenamento (em t);
- Consignação média (em t/navio);
- Tipo dos navios recebidos;
- Acessos ao porto;
- Movimentação por sentido (exportação / importação / mercado doméstico);
- Movimentação (em t);
- Equipamentos utilizados;
- Prancha média (t/dia);
- Tempo de Espera (h); e
- Tempo de Operação (h).

Das variáveis apresentadas acima, faz-se necessária a definição dos *inputs* e dos *outputs*, com relação à operação portuária. Nesse contexto, entende-se como dado de entrada toda a infraestrutura existente no porto e seus equipamentos e operações. Por outro lado, os *outputs* são todos os resultados alcançados ao longo da operação no porto.

Sendo assim, tem-se como *input* as seguintes variáveis:

- Profundidade do canal de acesso (m);
- Profundidade do Cais (m);
- Calado permitido (m);
- Unidade de berços de atracação;
- Extensão dos berços (m);
- Capacidade de armazenamento (em t);
- Consignação média (em t/navio);
- Tipo dos navios recebidos;
- Acessos ao porto; e
- Equipamentos utilizados.

Por outro lado, os *outputs* são:

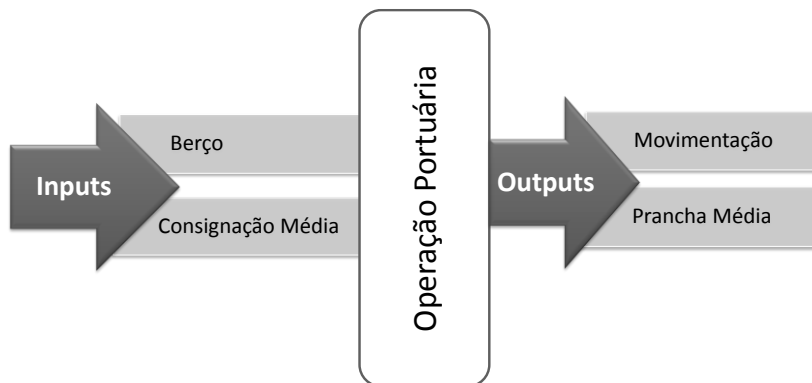
- Movimentação por sentido (exportação / importação / mercado doméstico);
- Movimentação (em t);
- Prancha média (t/dia);
- Tempo de Espera (h); e
- Tempo de Operação (h).

De acordo com outros estudos realizados envolvendo Análise Envoltória de Dados no setor portuário, tais como: Martinez-Budria (1999), Tongzon (2001), Valentine e Gray (2001), Fontes (2006), Acosta (2008) além de outros e, partindo da colocação de Cooper et. al. (2007) de que se deve seguir uma regra quanto ao número de *inputs* (m) e *outputs* (n) utilizados para as DMUs escolhidas, seguindo a regra da Equação 8:

$$DMUs \geq \max \{(m \times n); (3 \times (m + n))\} \quad (8)$$

Para tanto, inicialmente, foram selecionados os seguintes *inputs* e *outputs* para utilização do método, dentro dos dados coletados juntos aos portos e terminais, conforme apresenta a Figura 3.

Figura 3 – Seleção de inputs e outputs para utilização na análise



Fonte: Elaborado pelo autor

3.3 LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE PESQUISA

Durante a escolha do método e suas adequações, alguns entraves foram encontrados. Para tanto, algumas premissas tiveram de ser adotadas, dando continuidade e validade à pesquisa.

Deve-se mencionar as limitações quanto à técnica escolhida para análise do estudo de caso. Desse modo, dentre as limitações encontradas, a primeira delas refere-se ao número de *inputs* e *outputs* que serão utilizados na análise, uma vez que estas variáveis estão diretamente ligadas ao número de DMUs em estudo. Sendo assim, apesar de se ter dados para utilização de um número maior de variáveis, é necessário optar por apenas quatro (entre *inputs* e *outputs*) e, ainda assim desmembrar algumas DMUs para estar dentro das limitações estabelecidas pela análise. Para que as demais variáveis fossem utilizadas, seria necessário ampliar, ainda mais, o número de DMUs a ser analisado.

Outra limitação quanto à técnica aplicada, relaciona-se à vulnerabilidade do método quanto a pontos espúrios, dentro da base de

dados. Isso ocorre pois o método não tem como tratá-los, e podendo ser distorcidos durante a análise.

Outra limitação encontrada ao longo da pesquisa está relacionada aos dados coletados. Entende-se que muitos dos dados são públicos, no entanto, em alguns momentos, estes sofreram a necessidade de um maior detalhamento, e por se tratar de instituições diferentes, nem sempre os dados solicitados estavam em concordância. Ademais, em casos mais extremos, nem todos os portos possuíam o mesmo detalhamento de dados. Isso fez com que alguns dados não pudessem ser utilizados.

4 ESTUDO DE CASO

As informações foram levantadas a partir dos Planos Mestres elaborados para 37 portos públicos brasileiros, um estudo realizado em parceria entre a Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR) e o Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina (LabTrans/UFSC), cuja primeira etapa foi realizada no ano de 2012 e, a segunda em 2014 com a atualização dos documentos. Outras informações são oriundas das Companhias Docas de cada porto, bem como de documentos disponibilizados pela Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ).

Dentre os dados levantados, além das informações gerais sobre o porto, optou-se por dar maior enfoque nas informações relativas aos carregamentos de graneis sólidos agrícolas, mais precisamente: soja, farelo de soja, milho, que servem como base para este estudo.

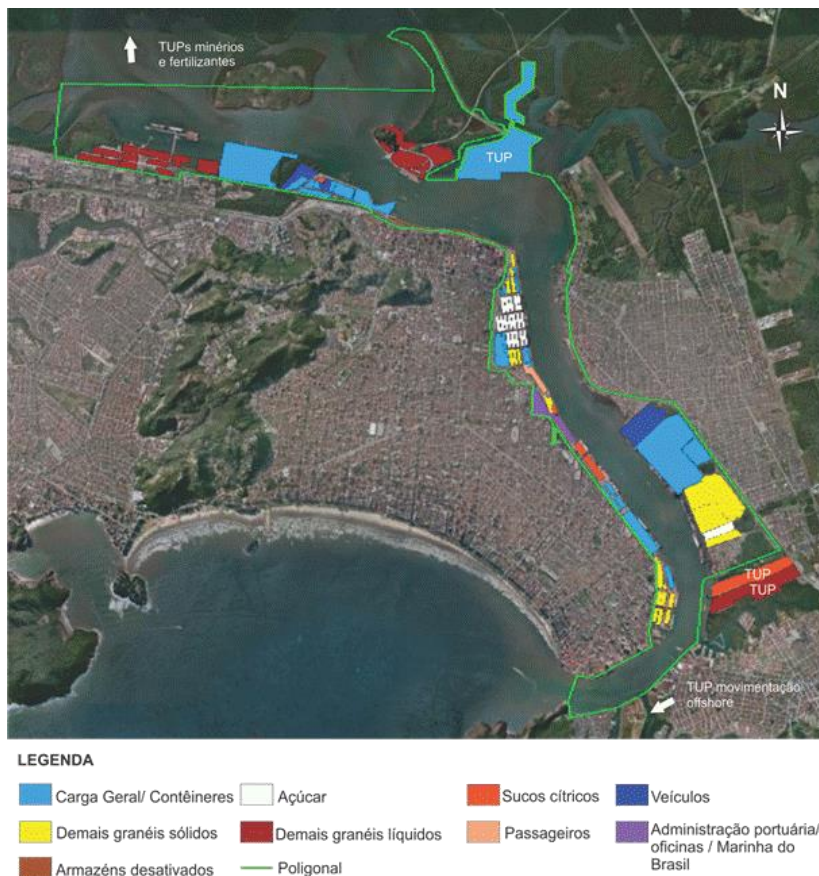
4.1 PORTO DE SANTOS

O Porto de Santos está localizado no litoral do estado de São Paulo, nas margens direita (Santos) e esquerda (Guarujá) do Estuário de Santos. Por sua extensa infraestrutura portuária, o porto é considerado o maior do país.

Com aproximadamente 13 quilômetros de infraestrutura de acostagem, o porto atende a todos os tipos de carga, carga geral, containerizada, granel sólido e líquido, e *roll-on/roll-off* (Ro-Ro).

A estrutura de acostagem do porto, subdividida por tipo de produtos pode ser visualizada na Figura a seguir.

Figura 4 – Infraestrutura de Acostagem do Porto de Santos



Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2015b)

Atualmente no porto de Santos, os granéis sólidos vegetais são movimentados no Cais de Outeirinhos, no Corredor de Exportação (COREX) e no Terminal de Granéis Sólidos de Conceiçãozinha.

O acesso aquaviário ao porto de Santos tem extensão de 25 quilômetros, largura média do estuário na entrada do canal de 600 metros, e profundidade de projeto de 15 metros em toda sua extensão. No entanto, a manutenção desta profundidade requer dragagens frequentes.

O acesso rodoviário ao porto é realizado, principalmente, pelas rodovias estaduais, SP-160, SP-150 e SP-021, também conhecidas como, Rodovia dos Imigrantes, Rodovia Anchieta e Rodoanel Mário Covas, respectivamente. Vale ressaltar ainda, a BR-101 como outro ponto importante de acesso ao porto.

Segundo dados da ANTAQ, no ano de 2014, o Porto de Santos movimentou 94 milhões de toneladas de cargas, destas 46,3 milhões de toneladas foram de graneis sólidos, 32,8 milhões de carga containerizada, 11,2 milhões de toneladas de graneis líquidos e gasosos e pouco mais de 3,5 milhões de toneladas de carga geral.

Dos graneis sólidos movimentados destacam-se o açúcar, a soja, o milho e o farelo de soja, com movimentação de aproximadamente 15,6 milhões, 11,1 milhões, 8,8 milhões e 3,6 milhões de toneladas, respectivamente.

A seguir podem ser visualizadas algumas características de movimentação dos graneis sólidos agrícolas no porto, tais como, consignação média por barça, tempo de operação e de espera, e prancha média. Vale ressaltar que os dados têm como ano base 2013, e para o estudo será adotado que nenhuma mudança foi realizada em relação a produtividade ou recebimento dos navios no porto, mantendo-se os números apresentados.

Tabela 2 – Características de movimentação do Porto de Santos (ano base de 2013)¹

Produto	Consignação média (mil t/embarcação)	Tempo de Atracação (h)	Tempo de Espera (h)	Prancha Média (t/h)
Soja	61,5	69,4	-	992,0
Milho	56,1	70	-	822,0
Farelo de Soja	27,8	47,8	-	689,0

Fonte: Porto de Santos e SEP/PR; LabTrans/UFSC (2015a)

¹ Os valores referente ao indicador “tempo de espera (h)”, do Porto de Santos, não foram informados.

4.2 PORTO DE PARANAGUÁ

O Porto situa-se no estado do Paraná, as margens da baía de Paranaguá no município de Paranaguá, que dá nome ao porto.

O porto possui 14 berços de atracação distribuídos em uma extensão de aproximadamente 2.816 metros de cais público. Nesta extensão acostável o porto pode receber, em simultâneo, de 12 a 14 navios, dependendo do porte. Existem ainda 3 dolphins de atracação e 1 de amarração, e um berço para operações *roll-on/roll-off*, com extensão de 220 metros.

Além deste cais, o Porto de Paranaguá ainda conta com três píeres, um deles de uso público, píer de inflamáveis, outro para granéis líquidos, privativo da empresa Cattalini, e um terceiro arrendado à Fospar, destinado a granéis sólidos minerais.

Os berços possuem profundidades variando entre 8,70 e 12,70 metros.

A Figura a seguir representa a disposição dos berços do Porto de Paranaguá.

Figura 5 – Localização dos berços e píeres do Porto de Paranaguá



Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2013a)

O Porto de Paranaguá ainda conta com uma vasta quantidade de armazéns na retroárea do porto, assim como uma grande variedade de silos, visto que o porto é o maior porto graneleiro do país. As Tabelas a seguir apresentam os armazéns e silos disponíveis no porto.

Tabela 3 – Armazéns do Porto de Paranaguá

Tipo	Comprimento/largura/pé direito (m)	Capacidade	Situação	Operação
Armazém 2A	130/40/6	31.200 m ³	Uso público	APPA
Armazém 2B	110/40/6	26.400 m ³	Uso público	APPA
Armazém 3	100/40/6	24.000 m ³	Uso público	APPA
Armazém 3B	110/40/6	26.400 m ³	Uso público	APPA
Armazém 4/5	220/24/5	63.360 m ³	Arrendado	Sadia
Armazém4B	100/22/5,8	12.760 m ³	Uso público	APPA
Armazém 6A	110/22/5,8	14.036 m ³	Arrendado	Marcon
Armazém 6B	110/22/5,8	14.036 m ³	Arrendado	Marcon
Armazém 6A/6B	110/18/5,8	11.484 m ³	Arrendado	Marcon
Armazém 7A	100/22/5,8	12.760 m ³	Público	APPA
Armazém 7B	100/22/5,8	12.760 m ³	Público	APPA
Armazém7A/7B	100/18/5,8	10.440 m ³	Público	APPA
Armazém8A	100/22/6,5	14.300 m ³	Arrendado	Martini Meat
Armazém 8B	100/22/5,8	12.760 m ³	Arrendado	Martini Meat
Armazém 8A/8B	100/18/5,8	10.440 m ³	Arrendado	Martini Meat
Armazém 9A	100/40/6	24.000 m ³	Arrendado	Rocha Top
Armazém 10A	100/40/6	24.000 m ³	Uso público	APPA
Armazém 11A	150/40/6	36.000 m ³	Uso público	APPA
Armazém TCP	-	40.000 m ³	Arrendado	TCP

Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2013a)

Tabela 4 – Silos de armazenagem do Porto de Paranaguá

Tipo	Quantidade	Capacidade Total	Situação	Operação
Silos horizontais	4	60.000 t	Uso público	APPA
Silo vertical	1	100.000 t	Uso público	APPA
Silo horizontal	1	54.000 t	Arrendado	PASA
Silo horizontal	1	120.000 t	Privativo	PASA
Silo horizontal	1	60.000 t	Arrendado	Louis Dreyfus
Silo vertical de concreto	2	48.000 t	Arrendado	Louis Dreyfus
Silo vertical	1	10.000 t	Arrendado	Bunge
Silo horizontal	1	30.000 t	Arrendado	Bunge
Silo horizontal	1	120.000 t	Privativo	Bunge
Silo horizontal	1	42.000 t	Privativo	Bunge
Silo horizontal	1	20.500 t	Privativo	Bunge
Silo horizontal	1	55.000 t	Privativo	Bunge
Silo horizontal	4	115.000 t	Arrendado	Cargill
Silos horizontais	6	150.000 t	Arrendado/Privativo	Cotriguaçu
Silo horizontal	2	44.000 t	Arrendado	Coamo
Silo horizontal	1	55.000 t	Arrendado	Coamo
Silo horizontal	1	70.000 t	Privativo	Coamo
Silo horizontal	1	70.000 t	Arrendado	Centro sul
Silo horizontal	1	55.000 t	Arrendado	Interalli
Silo vertical	4	20.000 t	Arrendado	Interalli
Silo vertical de concreto	1	20.000 t	Arrendado	Interalli
Silo vertical de concreto	1	15.000 t	Arrendado	Interalli
Silos horizontais	2	90.000 t	Privativo	AGTL
Silo vertical de concreto	3	66.000 t	Privativo	AGTL

Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2013a)

O acesso aquaviário ao porto se dá pelo Canal da Galheta, principal acesso aos terminais da Baía de Paranaguá. O canal tem de 150 a 200 metros de largura, calado máximo permitido é de 12,5 metros e

sua extensão é de aproximadamente 15 milhas náuticas, o que equivale a pouco mais de 27,5 quilômetros.

O acesso terrestre ao porto é realizado pela rodovia federal BR-277, que possui seu marco inicial próximo ao porto. A rodovia é a única ligação pelo modal rodoviária dos Portos de Paranaguá e Antonina com seu entorno. Por este motivo, a rodovia possui um tráfego intenso de caminhões.

O Porto também conta com um acesso ferroviário, realizado por meio de uma linha férrea de aproximadamente 116 quilômetros de extensão e bitola métrica, entre os municípios de Curitiba e Paranaguá, da Concessionária América Latina Logística S.A. (ALL).

Segundo dados da ANTAQ, no ano de 2014, o Porto de Paranaguá movimentou cerca de 41,6 milhões de toneladas de cargas, destas 29,6 milhões de toneladas foram de granéis sólidos, 9,4 milhões de toneladas de carga geral e aproximadamente 2,6 milhões de toneladas de granéis líquidos.

Dos granéis sólidos movimentados destaca-se a soja, o farelo de soja e o milho, com movimentações de aproximadamente 7,3, 5 e 4,1 milhões de toneladas, respectivamente.

A seguir podem ser visualizadas algumas características de movimentação dos granéis sólidos agrícolas no porto, tais como, consignação média por navio, tempo de operação e de espera, e prancha média. Vale ressaltar que os dados têm como ano base 2012, e para o estudo será adota que nenhuma mudança foi feita em relação a produtividade ou recebimento dos navios no porto, mantendo-se os números apresentados.

Tabela 5 – Características de movimentação do Porto de Paranaguá (ano base de 2012)

Produto	Consignação Média (t/navio)	Tempo de Operação (h)	Tempo de Espera (h)	Prancha Média (t/h)
Soja	57,7 mil	68	645	842
Farelo de Soja	49 mil	97,7	696	505
Milho	45,7 mil	58,1	734	787

Fonte: Porto de Paranaguá e SEP/PR; LabTrans/UFSC (2013a)

4.3 PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL

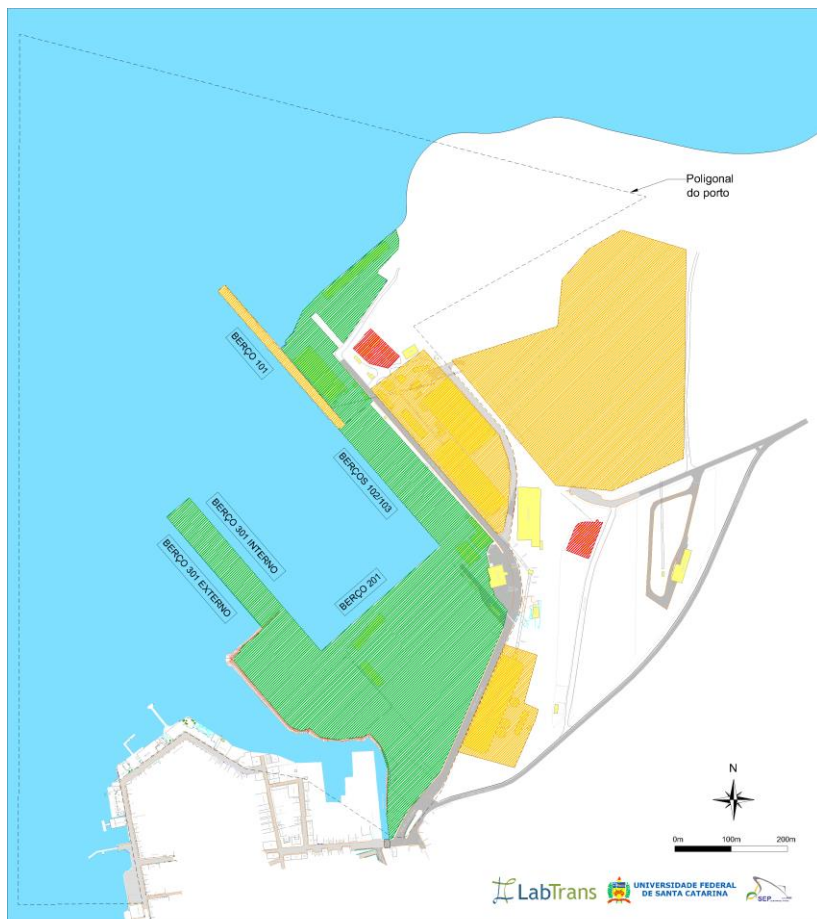
O Porto de São Francisco do Sul localiza-se no litoral norte do estado de Santa Catarina, na Ilha de São Francisco do Sul, mais precisamente na parte leste da Baía da Babitonga.

O porto conta com um cais acostável de aproximadamente 11,5 mil metros de extensão, dividido em 5 berços de atracação, estando o berço 301 (interno e externo) arrendados à empresa Terminal Portuário Santa Catarina (TESC). Na retroárea do porto ainda existem outros terminais como: a Terlogs, Bunge e a CIDASC.

Os berços de atracação têm calado permitido para atracação variando entre 12 e 12,2 metros.

A Figura e a Tabela a seguir ilustram as características de cais acostável do Porto de São Francisco do Sul.

Figura 6 – Características do cais acostável do Porto de São Francisco do Sul



LEGENDA

Contêineres e carga geral

Granel sólido

Granel líquido

Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2012a)

Tabela 6 – Características de acostagem do Porto de São Francisco do Sul

Berço/Características	Berço 101	Berços 102 e 103	Berço 201	Berços 301 Interno	Berços 301 Externo
Comprimento (m)	220	385	274	384	264
Profundidade (m)	14	14	14	14	14
Última data de manutenção	2010	2008	Em obras	2010	2010
Estado de Conservação	Bom	Bom	Em obras	Bom	Bom
Destinação Operacional	Granéis sólidos e líquidos	Carga Geral	Multiuso	Multiuso	Multiuso
Situação de Uso	Uso Público	Uso Público	Uso Público	Arrendado	Arrendado

Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2012a)

As instalações de armazenagem do porto, direcionadas aos granéis sólidos agrícolas, são operadas pelos terminais já mencionados, CIDASC, Bunge e Terlogs, e estão relacionadas na Tabela a seguir.

Tabela 7 – Características de armazenagem do Porto de São Francisco do Sul

Tipo	Quantidade	Capacidade Estática	Empresa que opera
Armazém	2	115.000t	CIDASC
Tanques	5	9.000m³	CIDASC
Armazém	2	114.000t	Bunge
Tanques	11	37.000m³	Bunge
Silos	5	30.000t	Terlogs
Armazém	2	110.000t	Terlogs

Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2012a)

O acesso aquaviário ao porto é realizado pela baía da Babitonga, tem aproximadamente 9,3 milhas náuticas de extensão, o que equivale a cerca de 17 quilômetros, largura mínima de 180 metros e profundidade mínima de 13,5 metros.

O acesso rodoviário é realizado principalmente pela rodovia federal BR-280, que faz conexão com outras duas rodovias federais, próximas ao porto, a BR-101 e a BR-280.

O porto também conta com acesso ferroviário, mantido pela Concessionária América Latina Logística (ALL) em bitola métrica, o trecho fica entre São Francisco do Sul e Mafra, e tem extensão de aproximadamente 210 quilômetros.

Segundo dados da ANTAQ, no ano de 2014, o Porto de São Francisco do Sul movimentou 13,2 milhões de toneladas de cargas, destas 8,9 milhões toneladas foram de grãos sólidos, 4,3 milhões de toneladas de carga geral.

Dos grãos sólidos movimentados destaca-se a soja e o milho, com movimentações de aproximadamente 4,3 e 2 milhões de toneladas, respectivamente.

A seguir podem ser visualizadas algumas características de movimentação dos grãos sólidos agrícolas no porto, tais como, consignação média por navio, tempo de operação e de espera, e prancha média. Vale ressaltar que os dados tem como ano base 2011, e para o estudo será adotado que nenhuma mudança foi realizada em relação a produtividade ou recebimento dos navios no porto, mantendo-se os números apresentados.

Tabela 8 – Características de movimentação do Porto de São Francisco do Sul
(ano base de 2011)

Produto	Consignação Média (t/navio)	Tempo de Atracação (h)	Tempo de Espera (h)	Prancha Média (t/h)
Soja	42 mil	64,5	233	712
Milho	40,3 mil	58	259	742

Fonte: Porto de São Francisco do Sul e SEP/PR; LabTrans/UFSC (2012a)

4.4 PORTO DO RIO GRANDE

O Porto do Rio Grande está localizado no litoral sul do estado do Rio Grande do Sul, na margem oeste do Canal Norte, escoadouro natural da bacia da Lagoa dos Patos. O porto é dividido em quatro áreas distintas, que são: Porto Velho, Porto Novo, Superporto e área de expansão de São José do Norte.

O Porto Velho é atualmente utilizado para fins de turismo e lazer, atracação de barcos pesqueiros e frota de apoio e pesquisa. O

Porto Novo atua como cais comercial, com extensão de 1.950 metros e profundidade de 10 metros, movimentando carga geral, fertilizantes, cargas containerizadas, veículos e outros.

O Superporto conta com extensão de 1.552 metros e variados tipos de cais, conforme observado na Tabela a seguir.

Tabela 9 – Características de acostagem do Superporto do Porto do Rio Grande

Terminal	Comprimento (m)	Calado Máximo Autorizado
Terminal Braskem	80	10,06
Terminal Petrobras	318	14,00
Terminal Adubos Yara	360	12,19
Terminal Bunge Alimentos	412	12,19
Terminal Bianchini	300	12,19
Terminal Tergrasa		
- Cais de navios	450	12,8
- Cais de barcas	630	5,18
Terminal Termasa	350	12,8
Dolphins de Transbordo	180	12,19
Terminal TECON Rio Grande	900	12,19
Terminal Leal Santos Alim.	70	7,92
Terminal da Marinha	300	9,14

Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2013b)

As instalações de armazenagem do Porto Velho não são utilizadas para fins de movimentação, e por isso, não serão levantadas para este estudo. A seguir, apresentam-se as Tabelas com as características de armazenagem do Porto Novo e Superporto.

Tabela 10 – Características de armazenagem do Porto Novo

Tipo	Área (m²)	Situação	Operação	Destinação
A-4	2.000	Em uso	SUPRG/Setimp	Carga Geral
A-5	2.000	Em uso	SUPRG/Setor de Cargas Perigosas	Carga Geral
A-6	2.000	Vazio	SUPRG	Carga Geral
A-7	2.000	Uso temporário	Sampayo	Cargas de Projeto
A-7/8	575	Uso temporário	Sampayo	Cargas de Projeto
A-8	1.230	Uso temporário	Orion e Marinha	Carga geral
B-1	4.300	Uso temporário	Sagres	Celulose
B-2	4.100	Uso temporário	Sagres	Celulose
B-3	4.100	Uso temporário	Sagres	Celulose
B-4	4.100	Uso temporário	Sagres	Celulose
B-5	4.100	Uso temporário	Sagres	Celulose
B-6	4.100	Uso temporário	GM Brasil	Veículos
C-1	2.975	Uso temporário	Sagres	Celulose
C-2	2.975	Uso temporário	Sagres	Celulose
C-4	2.975	Uso temporário	Sagres	Celulose
C-5	2.975	Uso temporário	Sampayo	Carga de Projeto
C-6	2.975	Uso temporário	GM Brasil	Veículo
Samrig	4.970	Uso temporário	Timac Agro	Carga Geral
CRA	8.400	Em uso	SUPRG	Veículos
João Mascarenhas	-	Em uso	SUPRG	Almoxarifado/Patrimônio
Frigorífico B-1	-	Em uso	SUPRG	Almoxarifado/Patrimônio

Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2013b)

Tabela 11 – Características de armazenagem do Superporto do Porto de Rio Grande

Terminal	Armazenagem	Capacidade
Terminal Braskem	10 tanques	40 mil m ³ produtos líquidos
		2,6 mil m ³ gás liquefeito
Terminal Petrobras	21 tanques	61,5 milhões de litros
Terminal Adubos Yara	2 armazéns	250 mil toneladas
	5 tanques	60 mil toneladas
	2 armazéns	157 mil toneladas
Terminal Bunge Alimentos	5 tanques	42 mil toneladas de óleo vegetal
Terminal Bianchini	4 armazéns	1 milhão de toneladas
Terminal Tergrasa	1 silo	130 mil toneladas
	2 armazéns	76 mil toneladas
Terminal Termasa	8 armazéns	220 mil toneladas
	3 tanques	5 mil toneladas
	4 silos	12 mil toneladas
Terminal TECON Rio Grande	1 armazém e 1 pátio	39 mil TEUs
Terminal Leal Santos Alim.	2 câmaras frigoríficas	1.800 toneladas

Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2013b)

O acesso marítimo ao porto é realizado pela barra do canal limitados pelos molhes do porto e tem aproximadamente 500 metros de largura. A profundidade do canal varia entre 18 metros fora da barra, e 10 metros no Porto Novo.

O acesso fluvial ao porto é realizado pela Lagoa dos Patos, com profundidade mínima ao longo da hidrovia de 6 metros. O Porto escoar uma quantidade significativa de cargas por este modal para os municípios do Estado.

O acesso rodoviário é realizado principalmente pelas rodovias federais BR-392 e BR-116, que se conectam na cidade vizinha ao porto, Pelotas. Estas rodovias são as principais rotas de escoamento de cargas geral, contêineres e graneis sólidos.

O porto também conta com acesso ferroviário, servido pela linha Bagé - Rio Grande, mantida pela Concessionária América Latina Logística (ALL) em bitola métrica, com extensão de aproximadamente 273 quilômetros.

Segundo dados da ANTAQ, no ano de 2014, o Porto do Rio Grande movimentou 22,4 milhões de toneladas de cargas, destas 10,6 milhões de toneladas foram de granéis sólidos, 7,1 milhões de toneladas de carga containerizada, 4 milhões de toneladas de granel líquido e gasoso e 700 mil toneladas e carga geral.

Dos granéis sólidos movimentados destaca-se a soja com movimentação de 4,75 milhões de toneladas. O milho e o farelo de soja têm participações menos significativas, com movimentações de 230 mil e 180 mil toneladas, respectivamente.

A seguir podem ser visualizadas algumas características de movimentação dos granéis sólidos agrícolas no porto, tais como, consignação média por navio, tempo de operação e de espera, e prancha média. Vale ressaltar que os dados tem como ano base 2012, e para o estudo será adota que nenhuma mudança foi realizada em relação a produtividade ou recebimento dos navios no porto, mantendo-se os números apresentados.

Tabela 12 – Características de movimentação do Porto do Rio Grande (ano base de 2012)²

Produto	Consignação Média (t/navio)	Tempo de Atracação (h)	Tempo de Espera (h)	Prancha Média (t/h)
Soja	53,4 mil	65,9		811
Milho	-	-	-	-
Farelo de Soja	22,5 mil	33,1		681

Fonte: Porto do Rio Grande e SEP/PR; LabTrans/UFSC (2013b)

4.5 PORTO DO ITAQUI

O Porto do Itaqui está localizado na Baía de São Marcos, no litoral do estado do Maranhão, no município de São Luís, atualmente o porto é administrado pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP).

² Os valores referente ao indicador “tempo de espera (h)”, do Porto do Rio Grande, não foram informados.

O porto conta com sete berços de atracção, numerados de 100 a 106. Existe ainda no porto o berço 107, no entanto o mesmo deixou de ser operacional, devido as expansões portuárias ocorridas após sua construção. A Figura e a Tabela a seguir apresentam as características de acostagem do porto.

Figura 7 – Acostagem do Porto do Itaquí



Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2015a)

Tabela 13 – características de acostagem do Porto do Itaquí

Berço	Comprimento (m)	Profundidade (m)
100	320	10
101	231,4	9
102	235,1	10
103	251,5	12
104	200	13
105	280	18
106	420	19

Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2015a)

As instalações de armazenagem do porto variam entre armazéns, silos, pátios e tanques, e podem ser visualizadas na Tabela apresentada a seguir.

Tabela 14 – Características de armazenagem do Porto do Itaqui³

Instalação	Destinação	Quantidade	Área (m²)	Capacidade	Operador/Arrendatário
Armazém	Carga Geral	1	7.500	6.000 t	EMAP
Armazém	Granéis Sólidos e Carga Geral	1	-	8.000 t	Conab
Armazém	Farelo de Trigo	1	-	75 t	Moinhos Cruzeiro do Sul
Armazém	Farinha de Trigo	1	-	1.000 t	Moinhos Cruzeiro do Sul
Armazém	Lubrificantes	1	-	150 t	Petróleo Sabbá S.A.
Armazém	Lubrificantes	1	-	150 t	Ipiranga
Armazéns	-	2	-	108.000 t	Vale
Pátio	Tambores	1	-	300 t	Petróleo Sabbá S.A.
Pátios	Contêineres, carga geral, granéis sólidos	8	55.906		EMAP
Silos Verticais	-	4	-	12.000 t	Conab
Silos Verticais	Trigo a granel	12	-	6.000 t	Moinhos Cruzeiro do Sul
Silos Horizontais	Farinha de Trigo	9	-	225 t	Moinhos Cruzeiro do Sul
Tanques	Granéis Líquidos	35	-	75.705 m³	Granel Química Ltda.
Tanques	Várias	21	-	122.495 m³	Petrobras
Tanques	Várias	9	-	36.018 m³	Petróleo Sabbá S.A.
Tanques	Diesel, gasolina, biodiesel, álcool	8	-	20.678 m³	Ipiranga
Tanques	Várias	16	-	55.280 m³	Temmar
Esferas	GLP	3	-	7.900 m³	Petrobras

Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2015a)

O acesso aquaviário ao porto é realizado por seu canal de acesso, o mesmo possui extensão aproximada de 55 milhas náuticas, cerca de 101 quilômetros. O canal conta com elevadas profundidades

³ Algumas informações referentes a área dos locais de armazenagem não foram informadas pelo porto.

naturais (aproximadamente 24 metros) e grande largura (varia entre 500 e mil metros), dando ótimas condições de navegabilidade.

O acesso rodoviário ao porto é realizado principalmente pelas rodovias federais BR-135 e BR-222. A primeira rodovia tem seu marco inicial no município de São Luís, a segunda faz conexão com a primeira, no município de Itapecuru Mirim, no estado do Maranhão, cerca de 100 quilômetros de distância de São Luís.

O porto conta com acesso ferroviário realizado pela Concessionária Transnordestina Logística S.A. (TLSA) e pela Estrada de Ferro Carajás (EFC). As duas ferrovias possuem características e fluxos de transportes distintos.

A linha opera pela TLSA liga o porto a grande parte da região nordeste e sua bitola é do tipo estreita. No entanto, a linha operada pela EFC possui bitola do tipo larga, está melhor conservada e permite ligação com a Ferrovia Norte-Sul, aumentando a amplitude de acesso do porto.

Segundo dados da ANTAQ, no ano de 2014, o Porto do Itaqui movimentou 18 milhões de toneladas de cargas, destas 8,8 milhões de toneladas foram de graneis sólidos, 8 milhões de toneladas de granel líquido e gasoso e 1,2 milhão de toneladas de carga geral e containerizada.

Dos graneis sólidos movimentados destaca-se a soja com movimentação de 3 milhões de toneladas. O milho tem participação menos significativa, com movimentações de pouco mais de 600 mil toneladas.

A seguir podem ser visualizadas algumas características de movimentação dos graneis sólidos agrícolas no porto, tais como, consignação média por navio, tempo de operação e de espera, e prancha média. Vale ressaltar que os dados tem como ano base 2012, e para o estudo será adotado que nenhuma mudança foi realizada em relação a produtividade ou recebimento dos navios no porto, mantendo-se os números apresentados.

Tabela 15 – Características de movimentação do Porto do Itaqui (ano base de 2012)⁴

Produto	Consignação Média (t/navio)	Tempo de Atracação (h)	Tempo de Espera (h)	Prancha Média (t/h)
Soja	68,6 mil	70	-	980
Milho	58,4 mil	55	-	1.064

Fonte: Porto do Itaqui e SEP/PR; LabTrans/UFSC (2015a)

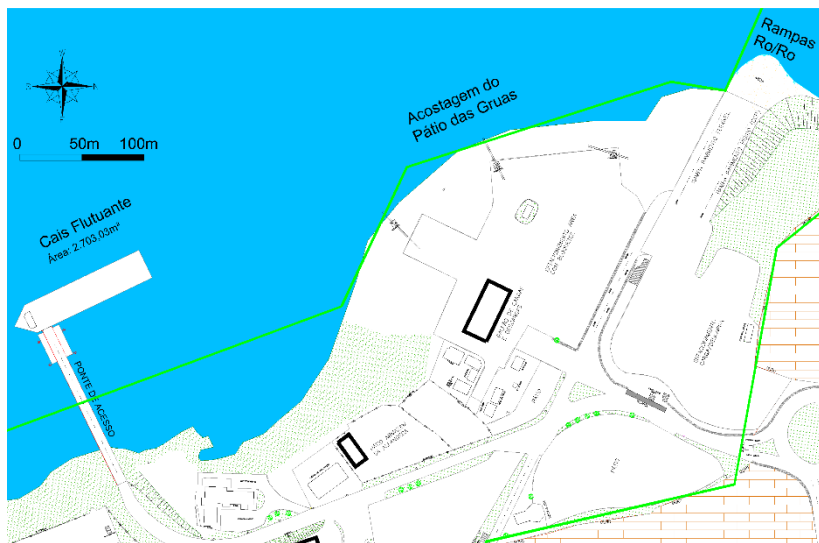
4.6 PORTO DE PORTO VELHO

O porto localiza-se à margem direita do Rio Madeira, situado no município de Porto Velho, que dá nome ao porto, no estado de Rondônia. O Porto de Porto velho trata-se um porto fluvial.

A acostagem do porto é dividida em três partes, o cais flutuante, as rampas Ro-Ro e o pátio das gruas. Suas profundidades variam entre 2,5 e 17,5 metros. A Figura a seguir ilustra os pontos de acostagem do porto.

⁴ Os valores referente ao indicador “tempo de espera (h)”, do Porto do Itaqui, não foram informados.

Figura 8 – Acostagem do Porto de Porto Velho



Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2014)

O cais flutuante possui 110 metros de comprimento por 25 metros de largura, ligado a margem através de uma ponte metálica com 113,5 metros de extensão. A acostagem realizada no pátio das gruas ocorre em barraco de talude alto e estável, podendo ocorrer em três pontos de acostagem para balsas. A área da rampa Ro-Ro é composta por duas rampas de concreto com capacidade de atracação de duas balsas em simultâneo.

As instalações de armazenagem são compostas por três armazéns destinados a carga geral, cinco pátios descobertos e as instalações do Complexo Hermosa, que são destinadas a receber os grãos sólidos, com 4 silos verticais de 10 mil toneladas cada.

O acesso aquaviário ao porto é realizado por meio do Rio Madeira, onde o porto está localizado. Vale ressaltar que o porto não conta com canal de acesso. A profundidade do rio varia ao longo do ano, podendo alcançar de 2 a 17 metros.

O acesso rodoviário ao porto é realizado por meio de duas rodovias federais, a BR-364 e a BR-319, que se conectam. A primeira trata-se de uma rodovia diagonal, com marco zero em Limeira/SP

chegando até a divisa do Brasil com o Peru. A segunda, também é uma rodovia diagonal, sendo a única ligação rodoviária existente entre as capitais dos estados de Rondônia e Amazonas, no entanto, trata-se de uma rodovia implantada, com pequenos trechos pavimentados.

Atualmente o porto não conta com acesso ferroviário, apesar de existir a Estrada de Ferro Madeira-Marmore que deu origem a cidade, e hoje encontra-se desativada.

Segundo dados da ANTAQ, no ano de 2014, o Porto de Porto Velho movimentou 3,7 milhões de toneladas de cargas, destas 2,6 milhões de toneladas foram de grãos sólidos, 640 mil toneladas de carga geral, 350 mil toneladas de granel líquido gasoso e 88 mil toneladas de carga containerizada.

Dos grãos sólidos movimentados destacam-se a soja e o milho, com movimentação de 2 milhões de toneladas e 740 mil toneladas, respectivamente.

A seguir podem ser visualizadas algumas características de movimentação dos grãos sólidos agrícolas no porto, tais como, consignação média por barça, tempo de operação e de espera, e prancha média. Vale ressaltar que os dados tem como ano base 2012, e para o estudo será adotado que nenhuma mudança foi realizada em relação a produtividade ou recebimento dos navios no porto, mantendo-se os números apresentados.

Tabela 16 – Características de movimentação do Porto de Porto Velho (ano base de 2012)⁵

Produto	Consignação Média (t/barça)	Tempo de Atracação (h)	Tempo de Espera (h)	Prancha Média (t/h)
Soja e Milho	1,8 mil	2,5	-	730

Fonte: Porto de Porto Velho e SEP/PR; LabTrans/UFSC (2015a)

⁵ Os valores referente ao indicador “tempo de espera (h)”, do Porto de Porto Velho, não foram informados.

4.7 PORTO DE SANTARÉM

O porto de Santarém caracteriza-se por ser um porto fluvial público, situado na margem direita do Rio Tapajós, na cidade de mesmo nome do porto, no estado do Pará. O porto dispõe de uma extensão acostável de 525 metros, com 385 metros de píer (píer 100), além de 4 dolphins alinhados ao píer existente (futuro Píer 200), e do berço 503 que recebe embarcações fluviais. O Porto Organizado ainda conta com o Terminal de Granéis Líquidos (berços T1, T2, T3 e T3R1) e o Terminal de Granéis Sólidos (Píer 300, com dois berços de atracação de 300 metros de extensão). A localização de acostagem do porto organizado pode ser visualizada na Figura a seguir.

Figura 9 – Infraestrutura de Acostagem do Porto de Santarém



Fonte: SEP/PR; LabTrans/UFSC (2013c)

A profundidade do rio pode variar de 14 a 22 metros, conforme época das chuvas.

A armazenagem do porto está dividida de acordo com os produtos movimentados. Os grãos sólidos Vegetais (soja e milho) são destinados a 1 armazém com capacidade de até 60 mil toneladas. Os grãos líquidos após chegarem ao porto são destinados as áreas do Terminal Equador (8 tanques de armazenagem), Terminal Raízen (12 tanques de armazenagem) e Terminal Fogás (6 tanques de armazenagem). As cargas geral e containerizadas são armazenadas em dois armazéns, 4 galpões e um pátio de contêineres.

O acesso aquaviário ao porto se dá por meio do Rio Tapajos, que fica distante 1,5 milhas náuticas da foz do Rio Amazonas, outro importante acesso fluvial ao porto. Os navios vindos de alto mar devem acessar o Rio Amazonas pela sua barra Norte. O calado permitido é de 11,5 metros, observada a maré da hora. A extensão entre a barra Norte e Santarém é de aproximadamente 410 milhas náuticas, equivalente a 760 quilômetros.

O acesso rodoviário até o porto é realizado principalmente pela rodovia federal BR-163, que chega até os portões do porto. Outro acesso importante que deve ser levado em consideração é a rodovia BR-230, também conhecida como Rodovia Transamazônica.

O porto de Santarém não conta com acesso ferroviário.

Segundo dados da ANTAQ, no ano de 2014, o Porto de Santarém movimentou 2,8 milhões de toneladas de cargas, destas 2,6 milhões de toneladas foram de grãos sólidos, 180 mil toneladas de grãos líquidos e gasosos e pouco mais de 50 mil toneladas de carga geral e carga containerizada.

Dos grãos sólidos movimentados destacam-se a soja e o milho, com movimentação de aproximadamente 1,3 milhões de toneladas cada..

A seguir podem ser visualizadas algumas características de movimentação dos grãos sólidos agrícolas no porto, tais como, consignação média por barça, tempo de operação e de espera, e prancha média. Vale ressaltar que os dados tem como ano base 2012, e para o estudo será adotado que nenhuma mudança foi realizada em relação a produtividade ou recebimento dos navios no porto, mantendo-se os números apresentados.

Tabela 17 – Características de movimentação do Porto de Santarém (ano base de 2012)⁶

Produto	Consignação Média (t/navio)	Tempo de Atracação (h)	Tempo de Espera (h)	Prancha Média (t/h)
Soja	46,3 mil	111,8	-	441
Milho	26,6 mil	71,7	-	432

Fonte: Porto de Santarém e SEP/PR; LabTrans/UFSC (2013c)

4.8 TABULAÇÃO DOS DADOS

Após descrição de cada uma das DMUs escolhidas, foram então tabulados os principais dados, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 18 – Tabulação dos principais dados coletados para as DMUs em estudo

DMUs	Porto	berços (un.)	Comp. Berço (m)	consignação média (mil t/embarcação)	tempo de atracação (h)	prancha média (t/h)	Movimentação (mil t)	Média de embarcações atendidas
1	Santos	7	1652	55,9	101,2	612,6	22713,27	399
2	Paranaguá	5	1180	38,4	75,2	529,7	16603,56	351
3	São Francisco	1	220	41,2	61,3	727,0	6291,45	153
4	Rio Grande	1	450	38,0	49,5	746,0	5173,68	136
5	Itaqui	2	532	63,5	62,5	1022,0	3678,51	58
6	Porto Velho	1	110	1,8	2,5	730,0	2710,43	1506
7	Santarém	2	300	36,5	91,8	436,5	2584,47	71

Fonte: Elaborado pelo autor

Para que se cumpra a regra do número de DMUs levantada por Cooper, Seiford e Tone (2007) em seu estudo, é necessário que algumas premissas sejam adotadas para o estudo em questão.

Os portos de Santos e de Paranaguá, conforme apresenta a tabela anterior, possuem sete e cinco berços, respectivamente, destinados à movimentação de soja, milho e farelo de soja. No entanto, tais berços estão situados em terminais ou trecho de cais diferentes e, ainda, contam com operadores diferentes. Deste modo, para esses portos, optou-se por separar os berços que possuíam o mesmo operador ou estavam situados em um mesmo terminal.

⁶ Os valores referente ao indicador “tempo de espera (h)”, do Porto de Santarém, não foram informados.

Sendo assim, o Porto de Santos foi segmentado em sete DMUs distintas, contendo, cada um deles, um único berço de atracação. A seguir estão listadas as DMUs referentes ao Porto de Santos.

- Porto de Santos – Terminal de Granéis do Guarujá (TGG);
- Porto de Santos – Armazém 38;
- Porto de Santos – Armazém 39;
- Porto de Santos – Sugador 26;
- Porto de Santos – Terminal Exportador do Guarujá (TEG);
- Porto de Santos – Terminal de Exportação de Açúcar de Guarujá (TEAG);
- Porto de Santos – Armazém 12A.

O Porto de Paranaguá foi segmentado em duas DMUs, listadas a seguir. A primeira conta com três berços de atracação e a segunda com dois berços.

- Porto de Paranaguá – COREX;
- Porto de Paranaguá – Cais Comercial.

Sendo assim, das iniciais sete DMUs listadas, após as novas segmentações, tornaram-se 14 DMUs, que passam a ser utilizadas na análise, atendendo à regra de Cooper, Seiford e Tone (2007), para utilização de dois *inputs* e dois *outputs* na análise.

Desse modo, para aplicação da análise envoltória de dados, são utilizadas as seguintes DMUs e suas informações.

Tabela 19 – Tabulação dos dados da nova segmentação das DMUs

Porto	berços (un.)	Comp. Berço (m)	consignação média (mil t/embarcação)	prancha média (t/h)	Movimentação (mil t)
Santos - TGG	1	277	59,6	959,7	6843,3
Santos - ARM 38	1	319	51,1	555,8	2546,6
Santos - ARM 39	1	289	58,8	748,6	4808,9
Santos - SUG 26	1	210	48,1	294,6	1950,9
Santos - TEG	1	168	60,0	674,8	5134,4
Santos - TEAG	1	174	63,3	419,4	506,7
Santos - ARM12A	1	215	50,5	635,3	922,4
Paranaguá - Corex	3	763	50,9	711,3	15283,9
Paranaguá - Cais Comercial	2	417	25,831	348,0	1319,7
São Francisco	1	220	41,2	727,0	6291,5
Rio Grande	1	450	38,0	746,0	5173,7
Itaqui	2	532	63,5	1022,0	3678,5
Porto Velho	1	110	1,8	730	2710,4
Santarém	2	300	36,45	436,5	2584,5

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 19 apresenta o número de berços, para melhor entendimento das características das DMUs, uma vez que nem todos os berços possuem a mesma extensão em metros lineares. Nota-se que duas DMUs podem ter um único berço com extensões diferentes. Esta característica está diretamente atrelada ao porte das embarcações recebidas, e, conseqüentemente, à consignação que pode ser carregada em cada embarcação.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para aplicação do método de análise envoltória de dados, foi utilizado o *software* desenvolvido por Meza e colaboradores (2005a, 2005b), conhecido por SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão, versão 3.0.

O *software* SIAD foi desenvolvido em Delphi 7.0, e tem como estrutura geral a implementação do algoritmo Simplex, o qual tem a função de resolver os problemas de programação linear utilizados pela Análise Envoltória de Dados. A partir de então, foram incorporados os modelos básicos de DEA, CCR e BCC, sob as duas orientações, *inputs* e *outputs*. Os principais resultados gerados pelo *software* são, o índice de eficiência, a fronteira invertida, os pesos das variáveis, um *benchmarking* entre as DMUS, e ainda, os alvos, que são os valores de folga (MELLO et al., 2003).

O SIAD pode ser utilizado em plataforma Windows, e tem como principal característica trazer solução para a Análise Envoltória de Dados com até 100 DMUs, utilizando um máximo de 20 variáveis, entre os dados de *input* e *output*.

Segundo Mello e outros (2003) o *software* foi desenvolvido para incorporar novos desenvolvimentos da Análise Envoltória de Dados, deste modo, foram incluídas opções avançadas que podem ser utilizadas junto da conjuntura convencional, dentre as quais estão as restrições que podem ser atribuídas aos pesos e às incertezas dos dados.

Para o presente trabalho optou-se por não utilizar nenhuma das opções avançadas disponíveis.

5.1 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Para a análise de eficiência operacional dos portos movimentadores de grãos sólidos agrícolas (soja, milho e farelo de soja) foi utilizado o Modelo DEA CCR, com priorização dos *inputs*.

Com a definição dos *inputs* e *outputs*, segundo a regra estabelecido pelo modelo, obteve-se a tabela a seguir, que contempla os dados de entrada para o sistema.

Tabela 20 – Dados de entrada

DMUs	Porto	Inputs		Outputs	
		Comprimento Berço (m)	Consignação Média (mil t/embarcação)	Prancha Média (t/h)	Movimentação (mil t)
1	Santos - TGG	277	59,6	959,7	6843,3
2	Santos - ARM 38	319	51,1	555,8	2546,6
3	Santos - ARM 39	289	58,8	748,6	4808,9
4	Santos - SUG 26	210	48,1	294,6	1950,9
5	Santos - TEG	168	60,0	674,8	5134,4
6	Santos - TEAG	174	63,3	419,4	506,7
7	Santos - ARM12A	215	50,5	635,3	922,4
8	Paranaguá - Corex	763	50,9	711,3	15283,9
9	Paranaguá - Cais Co	417	25,831	348,0	1319,7
10	São Francisco	220	41,2	727,0	6291,5
11	Rio Grande	450	38,0	746,0	5173,7
12	Itaqui	532	63,5	1022,0	3678,5
13	Porto Velho	110	1,8	730	2710,4
14	Santarém	300	36,45	436,5	2584,5

Ao se utilizar o método DEA, além da eficiência padrão obtida, pode-se conhecer a eficiência dita como invertida, a qual permite identificar se alguma das DMUs analisadas apresentou falsa eficiência. Isso ocorre porque a eficiência invertida é resultado da divisão da soma ponderada dos *inputs* pela soma ponderada dos *outputs*, o que acarreta no propósito de que os mais eficientes serão aqueles que utilizaram mais *inputs* e resultaram menos *outputs*. Para a eficiência padrão, o melhor resultado apresentado é aquela DMU que gerou maior número de *outputs* com um menor gasto de *inputs*.

A Tabela 21 apresenta o primeiro resultado obtido para o cálculo da eficiência das DMUs.

Tabela 21 – Resultado do cálculo das eficiências para cada DMU.

DMU	Padrão	Invertida
Santos – TGG	0,8629	0,3913
Santos - ARM 38	0,3007	0,7030
Santos - ARM 39	0,5884	0,5080
Santos - SUG 26	0,3241	1,0000
Santos – TEG	1,0000	0,5446
Santos – TEAG	0,3632	1,0000
Santos - ARM12A	0,4453	0,6924
Paranaguá – Corex	0,7762	0,9128
Paranaguá - Cais Comercial	0,1274	1,0000
São Francisco	1,0000	0,3815
Rio Grande	0,4385	0,5497
Itaqui	0,2895	0,5698
Porto Velho	1,0000	0,1283
Santarém	0,3181	0,7133

Partindo dos resultados obtidos, observa-se que os três portos ditos como eficientes, segundo a eficiência padrão, são: Porto de Santos – TEG (Terminal Exportador do Guarujá), Porto de São Francisco do Sul e o Porto de Porto Velho. E a DMU com menor índice de eficiência neste item foi o Porto de Paranaguá – Cais Comercial.

Realizando a eficiência invertida, no entanto, observa-se que existe uma DMU que se apresentou ineficiente, porém com um índice superior a 75% para a eficiência padrão e de mais de 90% para a eficiência invertida. Neste caso, pode-se afirmar que a DMU Paranaguá – Corex pode estar enquadrada na faixa das falsas eficientes, mesmo não tendo alcançado a eficiência de 100%.

Analisando puramente a eficiência invertida, os três portos com menor resultado em termos de eficiência são: Porto de Santos – Sugador 26, Porto de Santos – TEAG e o Porto de Paranaguá – Cais Comercial.

Pode-se também avaliar as eficiências através de um índice composto e pelo índice composto normalizado. A eficiência composta analisa, ao mesmo tempo, a eficiência padrão com a eficiência invertida.

E a eficiência composta normalizada utiliza o valor adquirido na eficiência composta dividida pelo maior valor, entre todos os valores encontrados, da eficiência composta.

Os resultados desses índices, para cada DMU, podem ser observados na Tabela 22.

Tabela 22 – Eficiência das DMUs para os índices Composto e Composto Normalizado

DMU	Composto	Composto Normalizado
Santos – TGG	0,7358	0,7863
Santos – ARM 38	0,2989	0,3194
Santos – ARM 39	0,5402	0,5772
Santos – SUG 26	0,1620	0,1732
Santos – TEG	0,7277	0,7776
Santos – TEAG	0,1816	0,1941
Santos – ARM12A	0,3764	0,4022
Paranaguá – Corex	0,4317	0,4613
Paranaguá – Cais Comercial	0,0637	0,0681
São Francisco	0,8092	0,8647
Rio Grande	0,4444	0,4749
Itaqui	0,3598	0,3845
Porto Velho	0,9358	1,0000
Santarém	0,3024	0,3232

Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere ao índice de eficiência composto, não há nenhuma DMU que alcance 100% da eficiência. O porto que mais se aproxima é o de Porto Velho, com valor de 93,58%. Ao se observar a eficiência composta normalizada, apenas uma das DMUs obtém o valor de 100% de eficiência que, neste caso, é o mesmo porto da situação anterior, Porto Velho.

Do mesmo modo, os resultados obtidos nas eficiências composta e composta normalizada permitem avaliar que as DMUs: Santos – Sugador 26, Santos – TEAG e Paranaguá – Cais Comercial foram confirmadas como não eficientes, dentro o grupo analisado, pois atingiram o menor valor da eficiência composta.

Outro ponto importante que se deve analisar são os pesos atribuídos para cada *input* e *output*. Desse modo, a Tabela 23 traz os valores dos pesos encontrados para cada uma das DMUs.

Tabela 23 – Peso atribuído para cada DMU

DMU	Extensão de cais	Consignação média	Prancha Média	Movimentação
Santos - TGG	0,003264	0,001607	0,000058	0,000118
Santos - ARM 38	0,003135	0,000000	0,000179	0,000079
Santos - ARM 39	0,003145	0,001548	0,000056	0,000114
Santos - SUG 26	0,004279	0,002106	0,000076	0,000155
Santos - TEG	0,005952	0,000000	0,000000	0,000195
Santos - TEAG	0,005747	0,000000	0,000866	0,000000
Santos - ARM12A	0,004651	0,000000	0,000701	0,000000
Paranaguá - Corex	0,001232	0,001176	0,000000	0,000051
Paranaguá - Cais Comercial	0,002398	0,000000	0,000137	0,000060
São Francisco	0,004201	0,001838	0,000000	0,000159
Rio Grande	0,002056	0,001963	0,000000	0,000085
Itaqui	0,001880	0,000000	0,000283	0,000000
Porto Velho	0,009091	0,000000	0,000518	0,000229
Santarém	0,002987	0,002850	0,000000	0,000123

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir dos resultados obtidos na Tabela 23, pode-se identificar que o *output* “Movimentação” foi o que teve menor peso atribuído. O modelo praticamente o desconsidera, para que se tenha maior alcance de eficiência atribuída. Por outro lado, o *input* “Extensão de cais” obteve os maiores pesos, resultando na variável de maior importância para o cálculo da eficiência.

Por fim, conclui-se que dentre os portos analisados o que apresenta melhor eficiência é o de Porto Velho e, em contrapartida, a pior eficiência encontrada foi para o Porto de Paranaguá – Cais Comercial.

Vale ressaltar que, apesar de ser de pequeno porte, o Porto de Porto Velho possui uma alta produtividade observada, o que fez toda a

diferença no momento da análise de eficiência. Isso ocorre, pois, atrelado ao alto indicador produtivo (prancha média), o porto recebe embarcações de pequeno porto, com consignação média muito baixa. A resultante desses dois indicadores são operações rápidas, reduzindo o tempo de ocupação do berço.

Para o caso do Cais Comercial em Paranaguá, apesar de possuir um berço a mais que Porto Velho, ele não conta com dedicação exclusiva na movimentação das cargas aqui analisadas, o que interfere na produtividade do berço e no tempo de operação das embarcações, que são visivelmente maiores que as recebidas em Porto Velho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem por objetivo concluir o estudo apresentado, expondo as conclusões acerca do estudo desenvolvido nesta pesquisa, além de descrever as contribuições geradas e, por fim, elencar algumas sugestões e recomendações para trabalhos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

O estudo teve como objetivo apresentar um levantamento teórico acerca do sistema portuário brasileiro e suas operações. Buscou-se também descrever as principais técnicas de análise de eficiência utilizadas, para, posteriormente, diante do estudo de caso proposto, fosse selecionada aquela que melhor se enquadra à necessidade apresentada. Uma vez definido o método de análise, realizou-se um levantamento a respeito dos portos públicos selecionados para o estudo, possibilitando então a tabulação dos dados de utilização no estudo. Definidas as premissas necessárias, e com auxílio de um *software* específico, foi possível chegar aos resultados do estudo de caso.

Dessa forma, a realização da análise de eficiência operacional portuária, voltada a um estudo de caso, possibilitou o aprofundamento teórico acerca de algumas das principais técnicas de análise de eficiência já desenvolvidas e estudadas. A partir dos aprofundamentos teóricos concluiu-se que é vasta a literatura voltada à busca pela eficiência, não apenas na teoria, mas, cada vez mais, também na prática.

A necessidade de melhorar os processos produtivos, para otimizar tempo, custo e recursos, vem transformando o mercado produtivo nas mais variadas áreas. Foi a partir desta ideia que surgiram os primeiros estudos aprofundados voltados à eficiência.

Foram apresentados e descritos três métodos de fronteira de eficiência, entre métodos de funções paramétricas e não paramétricas, sendo eles a função produção, a função custo e a análise envoltória de dados. Alcançando um dos objetivos específicos delimitados para o estudo, que era o de descrever diferentes métodos de análise de eficiência operacional.

Além desse tema, o trabalho pôde proporcionar, ainda, o estudo mais específico dos portos públicos movimentadores de graneis

agrícolas no país. Foram descritas as principais características operacionais de cada um dos sete portos analisados e realizado o levantamento das suas principais infraestruturas. Desse modo, atende-se ao objetivo específico proposto de caracterizar a infraestrutura e operação dos portos em análise.

Vale ressaltar, que os portos e terminais públicos selecionados para o estudo seguiram a premissa de serem os maiores movimentadores de grãos de soja, farelo de soja e milho, atingindo juntos índice superior a 95% de toda a movimentação destas cargas, quando considerada toda a movimentação realizada por portos públicos brasileiros.

Após a identificação do método considera mais adequado para aplicar ao estudo de caso - a Análise Envoltória de Dados -, foram definidas algumas premissas para realização da análise, assim como os dados de entrada do método. Dentre os dados de entrada estão as variáveis *inputs* e *outputs*, que representam alguns dos indicadores operacionais dos portos. Os *inputs* selecionados foram extensão dos berços e consignação média, enquanto que os *outputs* foram prancha média e movimentação.

Verificou-se, durante a aplicação do método, a necessidade de segregação de alguns dos portos, a fim de minimizar os erros e proporcionar resultados mais realistas. Outro motivo ligado à segregação dos dados de alguns dos portos está relacionado à necessidade de cumprir a regra de quantidade de DMUs para a quantidade de *inputs* e *outputs* selecionados. A segregação destes dados também permitiu analisar mais a fundo os Portos de Santos e Paranaguá, que são os maiores movimentadores de grãos sólidos agrícolas, em termos de volumes movimentados, e que ao mesmo tempo são subdivididos em diversos terminais e berços com operadores distintos.

A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que o método escolhido trouxe resultados satisfatórios, que se enquadram perfeitamente à realidade dos portos estudados, principalmente quando se trata em tempo de operação. Este fato comprova-se observando as filas de espera de navios nos portos, diretamente relacionada a capacidade operacional dos portos. Atualmente, os portos que mais movimentam carga no país, respectivamente, são os que recebem um maior número de navios, no entanto, em alguns casos são os que apresentam maior tempo de espera de navios para atracação, reflexo de uma menor eficiência.

Dentre os resultados obtidos, destaca-se a necessidade da comprovação da eficiência padrão, por meio da eficiência invertida, a qual permite identificar as falsas eficiências, como foi o caso da DMU Paranaguá – Corex, que apesar de ter índice de eficiência padrão superior a 75%, teve sua eficiência invertida ultrapassando os 90%.

Outro fator relevante nas análises, foram os índices alcançados por meio da eficiência composta, onde nenhuma das DMUs atingiu 100% de eficiência. No entanto, a DMU de Porto Velho foi a que atingiu melhores resultados em todos os índices apresentados, atingindo eficiência 100% no índice composto normalizado.

Pode-se afirmar, assim, que as análises aqui realizadas apresentam de uma forma prática a comparação dos portos públicos movimentadores de graneis agrícolas.

Vale a ressalva de que os resultados obtidos por meio da Análise Envoltória de Dados para os portos selecionados são relativos e não absolutos, visto que os dados de entrada podem variar, modificando assim a comparação de eficiência entre os atores escolhidos.

Os resultados alcançados mostram, ainda, que a produtividade dos portos é de extrema importância para a sua eficiência, pois, em alguns casos, grandes portos que se destacam pelos números movimentados de graneis agrícolas mostraram-se menos eficientes que portos considerados de pequeno porte. Um fator que pode estar atrelado a este resultado é a especialização do terminal em movimentar determinadas cargas. Fica comprovado, portanto, que quanto maior a dedicação do berço a um determinado produto, maior a sua eficiência.

6.2 CONTRIBUIÇÕES

Com relação às contribuições adquiridas com a realização do estudo, pode-se citar a revisão na literatura e de trabalhos publicados voltados principalmente ao sistema portuário brasileiro e à análise de eficiência operacional.

Vale lembrar também a análise de infraestrutura e operação dos principais portos públicos que movimentam graneis sólidos agrícolas no país, que contribui para um melhor entendimento dos terminais portuários graneleiros agrícolas.

Com os resultados obtidos por meio da Análise Envoltória de Dados, no estudo de caso, comprova-se sua adequada utilização para análise de eficiência de operação portuária, apresentando índices coerentes com a operação vivenciada no dia a dia dos portos.

Por fim, salienta-se a referência de utilização do método escolhido para avaliação de eficiência de outros setores de transporte, e não apenas do portuário.

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Findo este trabalho, algumas sugestões e recomendações para trabalhos e pesquisas futuras podem ser levantadas, dentre elas as seguintes:

- Aplicação do método escolhido para diferentes inputs e outputs, com intenção de provocar nova comparação entre as DMUs;
- Aplicar o método para terminais movimentadores de outras cargas específicas, ou ainda, para terminais portuários de cargas distintas;
- Aplicar outra técnica de análise de eficiência, ao estudo de caso proposto, com intuito de provocar a comparação entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos; e
- Aplicação do método de Análise Envoltória de Dados para terminais ferroviários movimentadores de graneis agrícolas, a fim de explorar a eficiência operacional do transporte ferroviário de cargas no país.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, C. M. M. **Uma proposta de metodologia para análise de eficiência em portos brasileiros: a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA)**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica – Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2008. Disponível em:

<<http://www.engenhariaoceanica.furg.br/arquivos/acosta,c.m.m.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO (ANTAQ). **Anuário Estatístico Aquaviário – 2014**. Brasília, 2015. Disponível em:

<http://www.antaq.gov.br/portal/Estatisticas_Anuarios.asp>. Acesso em: 23 abr. 2015.

_____. **Resolução n.º 2969 – ANTAQ**, de 4 de julho de 2013. Define a classificação dos portos públicos, terminais de uso privado e estações de transbordo de cargas em marítimos, fluviais e lacustres. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/pdfSistema/Publicacao/0000005984.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2015.

ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. **Engenharia Portuária**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2014.

_____. **Obras e Gestão de Portos e Costas**. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

ALMEIDA, B. Z. S. **Principais características e problemas dos Portos do Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Construção Naval). Universidade Estadual da Zona Oeste (UEZO). Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:

<<http://www.uezo.rj.gov.br/tccs/capi/BrunoAlmeida.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2014.

MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; MELLO, J.C.C.B. S.; GOMES, E.G. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v. 25, (3), p. 493-503, 2005. [2005a]. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-74382005000300011&script=sci_arttext>. Acesso em: 21 set. 2014.

MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; MELLO, J.C.C.B. S.; GOMES, E.G.; COELHO, P.H.G. Free software for decision analysis: a software package for data envelopment models. In: 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS - ICEIS 2005. **Anais...**, v. 2, p. 207-212, 2005. [2005b]. Disponível em: <http://www.uff.br/decisao/FreeSoftwareC2_239_Meza.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2015.

ARAÚJO, F. H. C. B. **Sistema Portuário Brasileiro: Evolução e desafios**. 2013. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia e Gestão Portuária). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC). 2013. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/home-1/estudos-e-pesquisas/tcc/francisco-humberto-castelo-branco-araujo.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2015.

ARCOVERDE, F. D.; TANNURI-PIANTO, M. E.; SOUSA, M. da C. S. Mensuração das Eficiências das Distribuidoras do Setor Energético Brasileiro Usando Fronteiras Estocásticas. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA – ANPEC (Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia). **Anais...** Natal/RN, 2005. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2005/artigos/A05A110.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ARRUDA, C. M.; NOBRE JR, E. F.; MAGALHÃES, P. S. B. Método dos indicadores de desempenho proposto pela ANTAQ: uma aplicação ao terminal portuário do Pecém. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_069_496_11018.pdf> Acesso em: 10 out. 2014.

AZAMBUJA, A. M. V. **Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por ônibus em Municípios Brasileiros**. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível

em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/83123/184675.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

BACOVIS, M. M. C. Estudo comparativo das plataformas logísticas europeias x brasileiras, como forma de identificar um modelo que atenda as empresas do PIM. In: II CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. **Anais...** João Pessoa, 2007. Disponível em: <<http://logisticatotal.com.br/files/articles/b6f3a1b85da55bc3b218ca7317bc7851.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2013.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for the estimation of technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, p. 1078-1092. Set. 1984.

BARROS, E. S.; COSTA, E. F.; SAMPAIO, Y. Análise de eficiência das empresas agrícolas do pólo Petrolina/Juazeiro utilizando a fronteira paramétrica Translog. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 4, Brasília, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032004000400004>. Acesso em: 26 mar. 2015.

BERTOLOTO, R. F. **Eficiência de portos e terminais privativos brasileiros com características distintas**. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2010.

BERTOLOTO, R. F.; MELLO, J. C. C. B. S. Efficiency of Brazilian public ports and terminals with different characteristics. **Journal of Transport Literature**, v. 5, n. 2, p. 4-21. Abr. 2011.

BRASIL Ministério da Agricultura. Vegetal. Culturas. **Soja**. 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

BUSTAMANTE, J. C. **Terminais de Transporte de Carga**. [Apostila]. NULT/UFES, Vitória, 2011.

CAIXETA FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. Evolução histórica da

gestão logística do transporte de cargas. In: CAIXETA-FILHO, J.V.; MARTINS, R.S. (eds.). **Gestão Logística do Transporte e Cargas**. São Paulo: Atlas, 2001.

CALDEIRINHA, V. R.; FELICIO, J. A. The influence of factors characterizing the performance of ports, measured by operational, financial and efficiency indicators. **Munich Personal RePEc Archive – MPRA**. 2011. Disponível em: <<http://mpra.ub.uni-muenchen.de/30009/>>. Acesso em: 8 dez. 2014.

CANTELLI, A. **Controladoria: Uma Abordagem da Gestão Econômica** – GECON. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CARDOSO JÚNIOR, R. A. F. **Hierarquização dos indicadores de desempenho da qualidade aplicada aos terminais portuários de movimentação de contêineres**. Dissertação (mestrado). Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://transportes.ime.eb.br/dissertacoes.htm>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444. 1978.

COBB, C.; DOUGLAS, P. A Theory of Production. The American Economic Review. **Supplement, Paper and Proceedings of the Fortieth Annual Meeting of the American Economic Association**, vol.18, n.1, p.139-165. Mar. 1928.

COELLI, T. J.; PRASADA RAO, D. S.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 2. ed. New York: Springer US, 2005.

CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver Software**. 2. ed. 492 p. Springer Science & Business, 2007.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONAL (CSCMP). **State of Logistics Report**. 2014. Disponível em: <<https://cscmp.org/member-benefits/state-logistics>>. Acesso em: 7 dez. 2014.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Soja**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em: 10 mai. 2016.

FALCÃO, V. A.; CORREIA, A. R. Port efficiency: analysis of the main approaches for the Brazilian ports. **Journal of Transport Literature**. Vol. 6, n. 4, p. 133-146, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2238-10312012000400007&script=sci_arttext>. Acesso em: 5 jan. 2015.

FARRELL, M. J.; The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of Royal Statistical Society Series A**. Vol. 120, n. 3, p. 253-281, 1957.

FONTES, O. H. P. M. **Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA**. 2006. 102f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense, Niterói (RJ). 2006. Disponível em: <http://www.bdt.d.ndc.uff.br/tde_arquivos/29/TDE-2007-04-24T162014Z-749/Publico/Diss%20Otavio%20Henrique%20Paiva%20Martins%20Fontes.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.

GASPARETTO, V. **Proposta de uma sistemática para avaliação de desempenho em cadeias de suprimentos**. 2003. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GOMES, A. L.; PONCHIO, L. A. A Função Custo no Setor do Leite: Uma Abordagem para a Região Centro. **CEPEA**. São Paulo, 2005. Disponível: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/artigo_leite_01.pdf>. Acesso: 10 out. 2014.

GONÇALVES, I. M. **Estudo logístico para implantação do complexo de soja – corredor ferroviário centro leste**. 2011. 133f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG), 2011. Disponível em:
 <<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/3594/1/EstudoLog%C3%ADsticoExporta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

GONZALES, M. M.; TRUJILLO, L. Reforms and Infrastructure Efficiency in Spain's Container Ports. 2008. **Transportation Research**, Part A 42, p. 243–257. Disponível em:
 <<http://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-3515>> Acesso em: 12 abr. 2014.

GRAEFE, L.; ALEXEENKO, G. Building a Better World: Infrastructure's Role in Economic Growth. **Econ South**. Federal Reserve Bank of Atlanta. V. 10, n. 2, Second quarter, 2008. Disponível em: <http://www.frbatlanta.org/pubs/econsouth/econsouth-vol_10_no_2-building_a_better_world.cfm?redirected=true>. Acesso em: 15 jul. 2013.

IGNACIO, A. A. V.; LIMA, B. M. Modelo genérico de simulação de operações portuárias: estudo de caso para minério de ferro. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP. **Anais...** Salvador/BA, 2013.

KIYAN, F. M. **Proposta para desenvolvimento de indicadores de desempenho como suporte estratégico**. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001. Disponível em:
 <http://www.bc.furb.br/docs/TE/2001/275037_1_1.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2014.

LACERDA, S. M. Investimentos nos portos brasileiros: oportunidades da concessão da infra-estrutura portuária. **BNDES Setorial**. Departamento de Transporte e Logística do BNDES. N. 22, p. 297-315, 2005.

MARTINEZ-BUDRIA; E., ARMAS, R.D.; IBANEZ, M.N. e MESA, R. A study of the efficiency of Spanish port authorities using Data Envelopment Analysis. **International Journal of Transport Economics**, v. 26, n. 2, p. 237-253, 1999.

MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. E. Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras.

Pesquisa Operacional. Vol.23, n.2, Rio de Janeiro, RJ Agosto/2003.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-74382003000200005&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 set. 2014.

MEZA, L. A.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G.; FERNANDES, A. J. S. Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia eléctrica. **Investigação Operacional**. Vol. 27, p. 21-36, 2007. Associação Portuguesa de Investigação Operacional – Apdio. Portugal, 2007. Disponível em:

<<http://apdio.pt/documents/10180/15550/n2.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

MONIÉ, F.; VIDAL, S. M. S. C. Cidades, portos e cidades portuárias na era da integração produtiva. **Revista de Administração Pública (RAP)**. Rio de Janeiro. 2006. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rap/v40n6/03.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.

OJIMA, A. L. R. O; ROCHA, M. B. Desempenho logístico e inserção econômica do agronegócio da soja: as transformações no escoamento da safra. In: XLIII CONGRESSO DA SOBER. **Anais...** Ribeirão Preto, 2005. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/download/170-ojima.pdf>>. Acesso em: 7 jul. 2014.

PAIVA, H. G. **Análise da substituição técnica dos fatores de produção na atividade de banco de dados eletrônicos**: estudo de caso. 2007. (Monografia) Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2007.

PEREIRA, M. C.; MOREIRA, S. Eficiência das escolas secundárias portuguesas: uma análise de fronteira de produção estocástica. **Boletim Económico** – Banco de Portugal. V. 13, n.1, p. 101-118, Primavera de 2007. Disponível em: < http://www.bportugal.pt/pt-PT/EstudosEconomicos/Publicacoes/BoletimEconomico/BEAnteriores/Documents/bol_primavera07_p.pdf > Acesso em: 14 jun. 2015.

PESSANHA, J. F. M.; SOUZA, R. C. **Modelos de fronteira estocástica na definição de metas globais de continuidade das distribuidoras de energia eléctrica**. Estudo Orientado. Rio de Janeiro:

DEE-PUC-Rio, 2003.

PINHEIRO, A.C. **Technological Progress and Diffusion: Decomposing Total Factor Productivity Growth in Brazilian Manufacturing**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Texto para Discussão, n. 256. Brasília, 1992.

PORTO, M. M.; SILVA, C. F. **Transportes, seguros e a distribuição física internacional de mercadorias**. São Paulo: Aduaneiras, 2000.

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port performance comparison applying DEA. **Maritime Policy and Management**, v. 20, n. 2, p.153-161, 1993. DOI:10.1080/03088839300000025.

SALES, G. M. A. **Proposta de um modelo utilizando Análise Envoltória de Dados – DEA na definição das metas dos indicadores da qualidade comercial das distribuidoras de energia elétrica – DER e FER**. Dissertação (Mestrado Profissional em Regulação e Gestão de Negócios). Universidade de Brasília (UnB). Brasília/DF, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9494/1/2011_GustavoManguiradeAndradeSales.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2014.

SCHWAB, K. **The Global Competitiveness Report 2011–2012**, World Economic Forum. 2011.

SEHN, D. **Avaliação econômica de projetos de infraestrutura de transportes: Uma metodologia aplicada à tomada de decisão governamental**. 2009. (Monografia). Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2009.

SENGUPTA, J. K. **Efficiency analysis by production frontiers: the nonparametric approach**. Kluwer academic publishers, 1989.

SECRETARIA DE PORTOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA (SEP/PR). Setor Portuário. 2012. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/>>. Acesso em: 25 jul. 2013.

SECRETARIA DE PORTOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

(SEP/PR); LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

(LabTrans/UFSC). **Plano Mestre:** Porto de Paranaguá. Florianópolis, 2013. [2013a]. Disponível em:

<<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-completa>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

_____. **Plano Mestre:** Porto de Porto Velho. Florianópolis, 2014.

Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-completa>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. **Plano Mestre:** Porto de Santarém. Florianópolis, 2013.

[2013b]. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-completa>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

_____. **Plano Mestre:** Porto de Santos. Florianópolis, 2015. [2015a].

Disponível em: < <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-completa>>. Acesso em: 02 dez. 2015

_____. **Plano Mestre:** Porto de São Francisco do Sul. Florianópolis,

2012. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-completa>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. **Plano Mestre:** Porto do Itaqui. Florianópolis, 2015. [2015b].

Disponível em: < <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-completa> >. Acesso em: 22 jan. 2016

_____. **Plano Mestre:** Porto do Rio Grande. Florianópolis, 2013.

[2013c]. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-completa>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

SILVA, M. R. M. **Medindo a eficiência dos municípios brasileiros na provisão de políticas trabalhistas: uma abordagem de fronteira estocástica.** 2014. Dissertação (Mestrado em Economia do Setor Público) — Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SOUZA JÚNIOR, R, J. N. C. **Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil.** Dissertação (mestrado em Engenharia de Transportes). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2010.

SOUZA JÚNIOR, J. N. C.; NOBRE JR, E. F.; PRATA, B. A. Análise da eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil baseada em Análise Envoltória de Dados. **Sistemas & Gestão**, v.3, n. 2, p.74-91, maio a agosto de 2008. Disponível em: <<http://www.uff.br/sg/index.php/sg/article/download/SGV3N2A1/52> > Acesso em: 13 mar. 2015.

TAKASHINA, N. T.; FLORES, M. C. X. **Indicadores da qualidade e do desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

TALLURI, S. Data Envelopment Analysis: Models and Extensions. **Decision Line**, p. 8-11. 2000.

THE WORLD ECONOMIC FORUM. **Reports**. [2016]. Disponível em: <<http://www.weforum.org/reports>> Acesso em: 20 set. 2015.

TONGZON, J. Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v.35, n. 2, 2001, p. 107-122. DOI: 10.1016/S0965-8564(99)00049-X

TORGA, B. L. M. **Modelagem, Simulação e Otimização em Sistemas Puxados de Manufatura**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2007. Disponível em: <<http://www.iepg.unifei.edu.br/arnaldo/download/dissertacoes/Bruno.pdf>> Acesso em: 24 jul. 2014.

UDERMAN, S.; ROCHA, C. H.; CAVALCANTE, L. R. Modernização do sistema portuário no Brasil: uma proposta metodológica. **Journal of Transport Literature**, Vol. 6, n. 1, 2012, p. 221-240.

VALENTINE, V. C.; GRAY, R. The measurement of port efficiency using data envelopment analysis. In: **Proceedings of the Ninth World Conference on Transport Research**. South Korea: Seoul, 2001.

VIDAL, L.M.; FERREIRA, L.S. A infra-estrutura portuária catarinense no século XX. In: 12º ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA. **Anais...** Montevideo, Uruguay, 2007. ISBN: 9789974819405.

VILELA, D. L.; NAGANO, M. S.; MERLO, E. M. Aplicação da análise envoltória de dados em cooperativas de crédito rural. **Revista de Administração Contemporânea**. Vol. 11, n.Spe2, 2007. Curitiba, PR. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-65552007000600006&script=sci_arttext> Acesso em: 11 dez. 2014.